ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR
EDMIR DOS SANTOS JESUS
JOSÉ MOACIR FERREIRA ARAÚJO
(ORGS.)

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

VOL. 02

Universidade do Estado do Pará - UEPa
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia – CCNT
Departamento de Engenharia Ambiental - DEAM
Laboratório de Qualidade Ambiental - LQA
Campus VI – Paragominas

Elaboração da capa
Thainam Lima Marinho
Bacharelado em Design_2015
Campus VI -Paragominas

PEREIRA JÚNIOR, A.; JESUS, E. S.; ARAUJO, J. M. F. (Org.) As múltiplas visões sobre o meio ambiente e os impactos ambientais, v.2. 306 p.

Formato: PDF

1. Meio Ambiente no contexto da Engenharia Ambiental 2. Impactos Ambientais. 3. Visões acadêmicas sobre problemas ambientais em Avaliação de Impactos Ambientais.

Direitos autorais registrados

Não inclui bibliografia dos autores e organizadores.

DOI:10.4322/978-85-455202-1-4

ISBN: 978-85-455202-1-4

COPYRIGHT DEPOSIT NUMBER: DEP63689302552908113

TITLE:	As múltiplas visões do meio ambiente e os imp...	FILENAME:	DEP63689302552908113livrovolume2.pdf
---------------	--	------------------	--------------------------------------

Registro na Biblioteca Nacional_ Fundação Miguel Cervantes
Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-455202-1-4

DEPOSIT NUMBER:	DEP63689302552908113
DATE:	3/27/2019 3:55:47 PM
SIZE:	14851170 bytes
OWNER:	ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR
ADDRESS:	Para - Paragominas

PREFÁCIO

Esta publicação é o segundo volume dos estudos sobre “**AS MULTIPLAS VISÕES SOBRE MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS**”, onde os autores reuniram artigos científicos, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's), Artigos de Revisão, Artigos de Avaliação em Disciplinas, com várias informações importantíssimas sobre o meio ambiente Amazônico, como o estudo das variáveis meteorológicas em áreas urbanas, o desflorestamento, resíduos sólidos, aspectos socioeconômicos, qualidade da água, qualidade do solo e a ecologia da floresta. Tais artigos não se detém somente nas áreas urbanas, mas também nas áreas rurais, florestadas ou não. Sendo assim, este livro procura dar ao discente ou profissional da área ambiental uma visão sistemática do desenvolvimento antrópico sobre o meio natural.

Os recursos naturais, ar, água, solo e floresta estão totalmente interligados, os impactos ambientais ocorridos, em pelo menos um desses recursos, causarão impactos nos outros, e este livro mostra esta importância, em analisar todas as características do meio ambiente, todas as peculiaridades do mesmo.

O município de Paragominas evoluiu muito na preservação do meio ambiente, tornando-se o “primeiro município verde” do estado do Pará, e com isso possibilitando que os discentes, docentes, Técnicos de Laboratórios e Coordenadores de Curso e de *Campus*, da Universidade do Estado do Pará – UEPA: *Campus* VI, dos cursos de Habilitação em Biologia, Engenharia Ambiental (*Campus* VI e VIII) e Engenharia Florestal, conseguissem vislumbrar trabalhos científicos de qualidade, abordando as diversas atribuições de um Engenheiro Ambiental.

Por fim, enfatizo que este trabalho é um esforço conjunto de vários discentes do curso de graduação em Engenharia Ambiental de três professores do *Campus* da UEPA Paragominas que organizaram esses artigos para publicação.

Eliane de Castro Coutinho

Diretora do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia

CCNT/UEPA

SUMÁRIO

Capítulos	Títulos/autores	página
1	ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS METEOROLÓGICAS NA ÁREA URBANA, PARAGOMINAS – PA Carlos Otávio Rodrigues dos Santos; Cleiciane Silva da Conceição; Ronilson Rosário Lobo; Antonio Pereira Júnior; Edmir dos Santos Jesus.	6
2	QUANTIFICAÇÃO DO DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS COM O USO DE GEOTECNOLOGIA EM ANÁLISE MULTITEMPORAL Hilquias Miranda Cortez; Samy Cardoso Sá; Antônio Pereira Júnior	12
3	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA SELETIVA NA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO PROFESSOR ANÍSIO TEIXEIRA. MARABÁ-PA Daniel da Silva Santos; Rai Veloso Santos Silva; Antônio Pereira Júnior	33
4	POSTO REVENDEDOR DE COMBUSTÍVEIS: VERIFICAÇÃO QUALITATIVA DA VULNERABILIDADE E RISCO SOCIOAMBIENTAL À CIRCUNVIZINHANÇA, MARABÁ - PA Antônio Pereira Júnior; Laryssa Passos Brandão; Sandreane dos Santos Ribeiro	50
5	ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO E AS ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS OCORRIDAS À MARGEM DIREITA DO RIO ITACAIÚNAS, APÓS A DUPLICAÇÃO DA PONTE DE CONCRETO NA BR-230, MARABÁ-PA Milena Cristina Dias Barros; Antônio Pereira Júnior	66
6	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE UMA CONSTRUTORA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS - PA Amanda Campos Pinto; Taianaacã Fernandes Brandão Santos; Antônio Pereira Júnior.	103
7	INFLUÊNCIA DE ÁREAS VERDES NA TEMPERATURA DO AR URBANA: ESTUDO DE ÁREAS ADJACENTES AO PARQUE AMBIENTAL, PARAGOMINAS - PA Katheer Lameira de Araújo; Keren Judite Rodrigues dos Santos; Antônio Pereira Júnior.	120
8	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS MARGINAIS EM RIOS URBANOS. Nathália Melo Giuliatti; Cleiciane Silva da Conceição; Karoliny Costa Santos; Julinho Brito do Vale; Antônio Pereira Júnior.	148
9	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO - QUÍMICA DE ÁGUA EM POÇOS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA Lavínia Lima Pereira. Adriana Santos da Silveira. Andreia Fernandes Gonçalves. Jaqueline Prestes de Cristo. Jéssica Inês Silva Nunes. Ronaldo Pimentel Ribeiro. Antônio Pereira Júnior.	169
10	ANÁLISE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA E A INFLUÊNCIA DE AÇÕES ANTRÓPICAS NO RIO URAIM Ivna Souza Silva; Lucas Edward Nascimento Gomes; Maria Paula Bastos Castro; Marília Palheta da Silva; Raquel Ribeiro Peniche; Wesley Pedreira Lima; Ronaldo Pimentel Ribeiro.	179
11	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA AÇÃO ANTRÓPICA EM UM TRECHO DO RIO PRAINHA - PA Ana Beatriz Matos Rodrigues; Antonio Gabriel Sales de Souza; Jaqueline Gomes da Silva; Raissa Jennifer da Silva de Sá	186
12	ESTUDO INTEGRATIVO ENTRE TRÊS PARÂMETROS AMBIENTAIS (TEMPERATURA, UMIDADE DO AR, VELOCIDADE DO VENTO), FAUNA EPÍGEA E VEGETAÇÃO EM FLORESTAS URBANAS Letícia Picanço da Silva; Ana Júlia da Silva Moura; Kevin de Oliveira Moura;; Rafael Dias Bicalho; Antônio Pereira Júnior.	210
13	ANÁLISE QUANTITATIVA DA RELAÇÃO ENTRE A PEDOFauna, ATMOSFERA E A VEGETAÇÃO João Paulo Sousa da Silva. Felipe da Silva Sousa. Felipe Costa Fausto. Felipe Daniel Souza Cavalcante. Antônio Pereira Júnior.	225

Capítulos	Títulos/autores	página
14	A INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO SOBRE PARÂMETROS BIÓTICOS E FÍSICOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP Sara Dorea de Oliveira Santos; Andreza Silva e Silva; Luana Lima Souza; Ronilson Rosário Lobo	234
15	INVENTÁRIO DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADO AOS FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA, EM TRÊS IGARAPÉS DO MUNICÍPIO DE CAPANEMA, NORDESTE PARAENSE José Moacir Ferreira Araújo, Antônio Pereira Júnior, Edmir dos Santos Jesus	254
16	OS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA URBANIZAÇÃO ÀS MARGENS DO RIO PRAINHA. PARAGOMINAS - PA Milla Cristina Santos da Cruz; Ana Paula dos Santos Silva; Carlos Otávio Rodrigues dos Santos; Nathalia de Souza Lima; Antônio Pereira Júnior	264
17	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE PARICÁ, <i>SCHIZOLOBIUM AMAZONICUM</i> Huber ex Duck, PRODUZIDAS NO VIVEIRO DA SEDAP, PARAGOMINAS – PA Ada Kenneth Damasceno Costa, Kássya Melissa Oliveira de Souza, Matheus Sarges de Freitas, Narjara Raissa Moraes Nascimento. Henriqueta da Conceição Brito Nunes.	280
18	IMPACTOS AMBIENTAIS EM MANANCIAIS URBANOS E A QUALIDADE DA ÁGUA Ana Paula dos Santos Silva; Jacqueline Gomes da Silva; Nathalia de Souza Lima; Samya de Freitas Moreira; Antonio Pereira Junior	286
19	IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ASPECTOS AMBIENTAIS EM ATIVIDADE DE CERÂMICA VERMELHA, PARAGOMINAS-PA Lucimar Costa Pereira; Maria Renata da Rocha Xavier; Maycon Viana Balbino; Nayara do Socorro Nascimento Farias; Lorena Saraiva Viana; Tulio Marcus Lima da Silva.	295
20	DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO EM LEITO DE SECAGEM COM COBERTURA PLÁSTICA Antonia Michelle Araújo Lopes; Rayssa Magalhães da Silva; Herenildo Aguiar Maciel, Aline Souza Sardinha.	305

ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS METEOROLÓGICOS NA ÁREA URBANA DE PARAGOMINAS – PA

Carlos Otávio Rodrigues dos Santos; Cleiciane Silva da Conceição; Ronilson Rosário Lobo;
Antonio Pereira Júnior; Edmir dos Santos Jesus.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-01

INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, os países ditos subdesenvolvidos passaram por uma fase de rápida e desorganizada industrialização, a qual intensificou o processo de crescimento urbano intenso e sem planejamento, que teve como consequência uma diversidade de impactos ambientais como resposta à ocupação e às atividades antrópicas, dentre os quais se destaca a alteração do clima urbano (MARTINI *et al.*, 2014a).

Ademais, a falta de vegetação é um dos principais responsáveis pelas alterações do clima nos grandes centros urbanos, uma vez que as propriedades de regulação e melhoria do clima que as árvores oferecem são uma característica fundamental para garantir um clima urbano ideal. A influência da vegetação se manifesta nas mais variadas escalas climáticas, porém, para a configuração urbana de um lugar, o clima urbano tem na escala microclimática seu principal grau de interferência. A presença da vegetação nas áreas urbanas cria um microclima que difere daquele das áreas não vegetadas (MARTINI *et al.*, 2014b).

Nesse sentido, sabe-se que locais com solo exposto e seco, tendem a temperaturas mais elevadas e umidade relativa mais reduzida, se comparadas àqueles ambientes com uma cobertura vegetal mais preservada e, consequentemente, mais úmidos (GALVANI *et al.*, 2009), ou seja, a umidade relativa do ar é influenciada por alguns importantes parâmetros climáticos como a temperatura, mesmo que não ocorra aumento ou diminuição em seu conteúdo de umidade. Ou seja, é inversamente proporcional ao ponto de saturação e a temperatura (FALCÃO *et al.*, 2010).

Dessa forma, a mesma pode ser influenciada por diversos controles e atributos climáticos como, por exemplo, a temperatura do ar, altitude, correntes oceânicas e uso do solo e cobertura vegetal de uma determinada região (MORAES *et al.*, 2016). Os principais elementos meteorológicos que condicionam o comportamento dos seres humanos são: temperatura e umidade do ar, evaporação, a qual relaciona-se com a precipitação; velocidade do vento e radiação. A combinação destes elementos e os mecanismos fisiológicos fazem com que o principal condicionante para conforto térmico seja a combinação temperatura e umidade do ar (BURYOL *et al.*, 2015).

A região Amazônica apresenta médias anuais de umidade relativa altas, fator este que se relaciona com a alta taxa de recarga hídrica, onde a precipitação anual em regiões próximas do equador, é geralmente superior a 2.000 milímetros. A região da foz do rio Amazonas e o setor noroeste da Amazônia apresentam precipitação anual superior a 3.000 milímetros. A precipitação diminui do equador para as regiões subtropicais e para o nordeste do Brasil, onde se observam valores anuais inferiores a 1.000 milímetros (LIMBERGER; SILVA, 2016).

Portanto, esse tipo de pesquisa justifica-se do ponto de vista das transformações pelas quais passaram o município de Paragominas nas últimas décadas em relação à expansão e diversificação das estruturas e dinâmica urbanas, e pelas possíveis consequências desse processo nas características atmosféricas locais.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi fazer um levantamento comparativo sobre o acumulado diário de precipitação pluvial, temperatura e UR, entre os dados da estação meteorológica automática (EMA), da Universidade do Estado do Pará (UEPA), que está localizada na UEPA - Campus VI, no município de Paragominas, e os dados da EMA do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os quais servem de fontes oficiais para diversos trabalhos, de forma a compreender as disparidades proporcionadas pela distância entre um ponto de coleta e outro.

METODOLOGIA

O método de abordagem utilizado foi o dedutivo, pois o estudo parte das teorias e leis consideradas gerais e universais (estudos dos parâmetros ambientais meteorológicos) e busca explicar a ocorrência de fenômenos particulares (análise dos dados meteorológicos). Quanto ao método de procedimento, o utilizado foi o monográfico, que consiste no estudo de um caso que pode ser considerado representativo de casos semelhantes, de modo a observar os fatores que o influenciam, em similaridade com o escrito por Prodanov e Freitas (2013).

Em relação à pesquisa, ela apresenta abordagem quantitativa com natureza aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos, como descrito por Sakamoto e Silveira (2014).

O levantamento de dados foi realizado por meio das EMA's de uso do IMET e da UEPA. Na EMA/UEPA os dados foram coletados no período de onze de abril à dez de maio de 2018, e em seguida tratados por meio do *software* Easywhether, próprio da estação. Na EMA/INMET os dados foram coletados através de fonte oficial, no do site da instituição www.inmet.gov.br/portal/. Em seguida, foram tiradas as médias diárias da umidade relativa do ar e de temperatura, e o acúmulo diário de precipitação.

A área de estudo está situada no município de Paragominas – PA, o qual possui a área de 19.342,25 quilômetros quadrados e população estimada em 111.764 habitantes (ANDRADE, 2011; IBGE, 2018). As EMA's localizam-se uma no bairro Angelim, mais precisamente na Universidade do Estado do Pará - UEPA, enquanto a outra se localiza às margens da PA – 256, na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. As duas distam entre si aproximadamente 5 km em linha reta (Figura 1). As coordenadas geográficas das EMA's do INMET e da UEPA são, respectivamente, 2°59'25''S 47°24'31''O, e 2°59'04''S 47°21'27''O.

Figura 1- Área de localização das estações meteorológicas. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, observa-se os resultados da análise dos dados que contêm os parâmetros ambientais precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar, as quais mensurou-se através das EMA/UEPA e EMA/INMET no período compreendido entre os dias 12 de abril e 10 de maio de 2018.

Observa-se que houve grande variação da precipitação durante esse período, com acumulado diário nas estações da EMA/UEPA e EMA/INMET de, respectivamente, 23,16 mm e 14,83 mm. No dia 11 de abril, a EMA/UEPA mensurou o valor mais alto de acumulado de precipitação diária, que foi de 406,2 mm, e no mesmo dia a EMA/INMET mensurou 1,4 mm. A EMA/INMET mensurou o maior valor de acumulado de precipitação diário no dia 12, que foi 151,4 mm, no mesmo dia a EMA/UEPA mensurou 109,2 mm (Figura 2).

Figura 2 - Valores do acumulado diário de precipitação das EMA/UEPA e EMA/INMET.

Fonte: autores (2018).

O pico de precipitação, que ocorreu no dia 11 na região da EMA/UEPA e no dia 12 na EMA/INMET, coincidiu com as fortes chuvas que provocaram o transbordamento do Rio Prainha e, conseqüentemente, a enchente na cidade de Paragominas em localidades próximas às margens do rio, durante a madrugada do dia 12.

Os valores do acumulado mensal de cada estação estão dispostos abaixo (Tabela 1). Na EMA/UEPA mensurou-se o acumulado de 288,6 mm, e na EMA/INMET o acumulado mensal foi de 444 mm, ou seja, a EMA/UEPA mensurou 61% a mais de precipitação durante o período analisado, consequência das fortes chuvas que caíram sobre a região da cidade, onde está localizada a EMA/UEPA.

Tabela 1 - Valores do acumulado mensal de precipitação e média mensal de temperatura. Paragominas – PA.

Localização da EMA	Acumulado de precipitação mensal (mm)	Média mensal de precipitação (mm)
UEPA	288,6	9,95
INMET	444	15

Fonte: autores (2018).

Quanto às médias diárias de temperatura, a EMA/UEPA mensurou uma faixa de valores compreendidos entre 24 °C e 29 °C, com limite superior de 29,8°C no dia 20; a EMA/INMET mensurou uma faixa de valores compreendidos entre 23 graus C e 26°C, com limite superior de 26,1°C no dia 15. Sobre a tendência da variação na temperatura, foi efetuado um estudo no município de Curitiba - PR, por Martini *et al.* (2014b), e esses autores concluíram que a presença de vegetação em áreas urbanas cria um microclima que se difere de áreas não vegetadas, e reduz a temperatura do ar, enquanto aumenta a UR.

Nesse sentido, observou-se que a EMA/UEPA apresentou valores superiores aos mensurados pela EMA/INMET durante todo o período analisado, o que possivelmente ocorreu devido as diferenças de terreno onde as duas EMA's se localizam, informações que são corroboradas pelo autor

antes citado. A EMA/INMET, por estar localizada na zona rural e próximo à área vegetada, mensurou valores de temperatura menor que a EMA/UEPA, localizada na zona urbana e próximo às construções de concreto. As médias mensais da EMA/UEPA e EMA/INMET foram, respectivamente, 27,6 °C e 25,3 °C.

Figura 3 - Comparativo dos valores das médias diárias de temperatura durante o recorte temporal analisado. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

No que diz respeito aos valores de UR (Figura 4), ambas EMA's tiveram valores máximos aproximados, porém o valor de pico foi mensurado no dia 29 pela EMA/INMET e igual a 97,1%, enquanto que o maior valor de UR mensurado pela EMA/UEPA ocorreu no mesmo dia, e foi de 96,4%, a média mensal na EMA/UEPA foi de 80,1% e na EMA/INMET foi 88,9%.

Figura 4 - Comparativo dos valores das médias diárias de umidade relativa durante o recorte temporal analisado. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

Nesse sentido, conforme afirma Galvani *et al.* (2009), em seu estudo no Parque Estadual de Intervalos - SP, temperatura do ar e UR relacionam-se também com a densidade de vegetação presente

no local, pois a temperatura tende a ser mais alta em locais onde o solo está sem cobertura vegetal, o que afeta inversamente a UR.

De modo inverso ao gráfico da temperatura, na Figura 3 podemos observar que, concomitantemente ao dia, todos os parâmetros de UR mensurados pela EMA/UEPA foram menores do que os mensurados pela EMA/INMET. Nesse sentido, a densidade de vegetação, que é maior nas proximidades desta última, pode ter sido o principal motivo de se ter o maior valor de UR na EMA/INMET.

CONCLUSÃO

A constituição de um ambiente agradável aos seres humanos por meio do conforto térmico é fundamental para o bem-estar físico e mental, além de propor um meio ambiente saudável no entorno. Portanto, foi possível notar a influência da vegetação e das unidades arquitetônicas nos valores dos dados mensurados pelas duas EMA's, onde a EMA/INMET apresentou valores que demonstram um maior conforto térmico, relação direta com a densidade de vegetação no seu entorno, que é superior à EMA/UEPA.

O conforto térmico influencia diretamente na produtividade das pessoas, daí a necessidade de se aumentar as áreas verdes, pois, como o presente trabalho demonstra, a presença de vegetação diminui a temperatura, e ameniza a sensação térmica devido ao aumento do albedo. Nesse sentido, o estado do Pará encontra-se na região oriental da Amazônia brasileira, lugar com um dos maiores índices de precipitação do país, o que gera altas médias de UR, porém por estar localizado na região dos trópicos, também apresenta altas taxas da radiação solar. Destaca-se ainda a importância de o estudo desses parâmetros ambientais de maneira entender o seu comportamento, e criar ambientes que sejam mais propícios ao desenvolvimento dos seres humanos.

REFERÊNCIAS

- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; BRESSAN, V. C.; RICHI, E. Z. Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.223-230, fev. 2015.
- FALCÃO, R. M. *et al.* Análise da Variação da Umidade Relativa do Ar do Pico Da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, BRASIL. **Anais...VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**, Universidade de Coimbra, maio, 2010.
- GALVANI, E. *et al.* Relação entre umidade relativa do ar, cobertura vegetal e uso do solo no Parque Estadual de Intervalos (PEI) e seu entorno, São Paulo, Brasil. **Anais... XXII Encontro de Geógrafos de América Latina - EGAL 2009**, Montevideo. 3 a 7 de abril de 2009.
- LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp – Espaço e Tempo**. v. 20, n. 3, p.657-675. 2016.
- MARTINI, A. *et al.* Percepção da população sobre o conforto térmico proporcionado pela arborização de Ruas de Curitiba-PR. **FLORESTA**, Curitiba. v. 44, n. 3, p. 515 – 524. jul./set. 2014a.
- MARTINI, A.; BIONDI, D.; ZAMPRONI, K. A percepção do conforto térmico em uma rua arborizada com ipê-amarelo. **Anais... V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Belo Horizonte/MG – 24 a 27 de nov. 2014b.

MORAES, S. L.; SANTOS, D. D.; GALVANI, E. Variação da umidade relativa do ar média e mínima no perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP). **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Climatologia e Geografia – SBCG: VARIABILIDADE E SUSCEPTIBILIDADE CLIMÁTICA: Implicações Ecológicas e Sociais, Goiânia. 25 a 29 de outubro de 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico:** Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos e Iniciação Científica.** São Paulo: Paulus, 2014.

Carlos Otávio Rodrigues dos Santos
Acadêmico de Engenharia Ambiental.
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental.
otavio.eng.amb@gmail.com

Cleiciane Silva da Conceição
Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
cleicesilva17.eng@gmail.com

Ronilson Rosário Lobo
Acadêmico de Engenharia Ambiental.
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental.
ronilsonlobo@gmail.com

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais.
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
antonio.junior@uepa.br

Edmir dos Santos Jesus
Doutor em Ciências Meteorológicas
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
edmir.jesus@gmail.com

QUANTIFICAÇÃO DO DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS COM O USO DE GEOTECNOLOGIA EM ANÁLISE MULTITEMPORAL

Hilquias Miranda Cortez; Samy Cardoso Sá; Antônio Pereira Júnior

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-02

INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal Brasileira é uma área de alta importância a níveis nacionais e globais, a biodiversidade nesse bioma é tão rica que o caracteriza como um dos maiores bancos genéticos do planeta, porém, o avanço da fronteira urbana e agrícola causou e vem causando a perda de uma considerável área através do desflorestamento voltado para agricultura, pecuária, ocupação e obtenção de matéria prima para a indústria (FERREIRA *et al.*, 2005).

A problemática do desflorestamento na Amazônia tem suas raízes na própria ocupação do país, entretanto, o crescimento e a intensificação deste se deu através da implementação de políticas públicas federais no início da década de 70, de fato, estas políticas foram tão decisivas que após estes incentivos os índices de desflorestamento na Amazônia legal subiram drasticamente (SOARES FILHO *et al.*, 2008).

Estas políticas proporcionaram também a criação de programas nacionais de monitoramento que utilizam geotecnologia como ferramentas de ação, assim como a implementação destes recursos e o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográficas, estes programas marcaram o início do uso das geotecnologias no cenário nacional (SOUSA, 2011).

Quanto a isso, o desenvolvimento de geotecnologias como ferramenta para o controle do avanço da fronteira agrícola e rural no país reflete a preocupação com o desflorestamento, e tem sido amplamente utilizada em pesquisas e trabalhos realizados com este objetivo, já que os primeiros dados de imagens de satélite disponíveis são representações de um período posterior à implementação dos grandes projetos, mas que ainda carregam as consequências do mesmo, através da ocupação da terra e o consequente desflorestamento da mata nativa (LIMA, 2011)

Logo, quando o assunto é desflorestamento, vale a pena ressaltar que, dentre os estados brasileiros que fazem parte da Amazônia Legal, o Pará apresenta os maiores índices de desflorestamento, alcançando em anos de pico, como em 1995, valores que se aproximavam dos 30.000 km²/ano, este fato tem relação direta com os grandes projetos na Amazônia Legal Brasileira, principalmente após a construção da Rodovia Federal Belém-Brasília, que possibilitou um grande êxodo para a região, intensificando assim a supressão à cobertura vegetal (FEARNSIDE, 2005).

Em função disso, os estudos que envolvem a geotecnologia e a ocupação de terras no estado, essa ferramenta é utilizada para a mensuração do desflorestamento, dada a relevância deste tipo de estudo, aliando este estudo ao banco de dados disponíveis é possível traçar o avanço dentro de um dado intervalo de tempo, possibilitando a visualização da progressão da supressão florestal quantificando assim os aumentos nos índices sofridos por um município, uma cidade ou uma área e estabelecer a partir destes e de uma série de outros levantamentos estudos direcionados à área de interesse da pesquisa (CARVALHO *et al.*, 2000).

O município de Canaã dos Carajás se enquadra dentro desta situação, pois se originou de um projeto de assentamento (PA), resultado dos grandes projetos na Amazônia Legal Brasileira. Desta forma a escolha do estudo a respeito do desflorestamento no município mostra-se de grande importância para a percepção da magnitude da perda de área verde, da metodologia de gerenciamento com a aplicação das tecnologias atualmente disponíveis como incrementos aos processos de fiscalização e controle dessas ações que apresentam um grande montante de impactos ambientais negativos.

Enfim, os desflorestamentos continuam, e isso justificou esta pesquisa e incrementou a relevância da mesma, pois, ela mostra dados em análise multitemporal dessas ações, e isso contribuiu para que o objetivo quanto a análise da perda florestal, em km², da área total município de Canaã dos Carajás, dos intervalos quadrienais (1984 a 2012) entre a primeira (1984) e a última imagem (2012)

REFERENCIAL TEÓRICO

O DESFLORESTAMENTO E A OCUPAÇÃO NA AMAZÔNIA

A região correspondente à Amazônia legal Brasileira é uma área que engloba os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, esta é de grande relevância para o país, pois essa área ocupa o correspondente a 60% território brasileiro, e o equivalente à aproximadamente 6.811.900 Km², nela se encontra o maior manancial de água doce do mundo, a Bacia Amazônica e ainda a Bacia Tocantins-Araguaia, somando em toda a região 1/5 das reservas mundiais de água doce, sendo as atividades antrópicas que mais geram redução de cobertura vegetal a pecuária e a atividade madeireira, através de queimadas, criação de pastagens e derrubada de árvores para comercialização (BRASIL, 2003).

A busca pelo desenvolvimento apresenta uma linha muito tênue com as causas ambientais, pois essas complicações já ocorriam inclusive na extração e comércio do Pau-Brasil pelo seu reconhecido valor econômico, entretanto, este processo extrativista da madeira ocorreu na região amazônica até a década de 50 e não apresentava valores tão significativos, devido à localização ser, principalmente, em regiões litorâneas e em faixas de terra ribeirinhas que estavam incluídas na navegação, já que as primeiras frentes de exploração ocorreram durante as décadas de 20 e 30, ainda com baixa expressão de desflorestamento (VALERIANO *et al.*, 2012).

Os percussores da intensificação da atividade madeireira na Amazônia legal foram as políticas públicas de ocupação federais iniciadas na década de 70 durante a ditadura militar, principalmente as políticas do “Integrar para não Entregar” e “Terra sem Homem para Homem sem Terra”, discurso feito pelo presidente Médici onde foi realizada a entrega de terras, sendo também nessa década realizados os primeiros levantamentos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre os desflorestamentos na Amazônia (OLIVEIRA, 1994).

Contudo, foi apenas na década de 80 que o avanço crescente de áreas desflorestadas passou a preocupar o governo federal devido às novas discussões ambientais internacionais, em 1988, o governo brasileiro solicitou um sistema de monitoramento anual ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para responder à pressão internacional e se preparar para a Conferência Eco-92, o resultado foi a criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia Legal por Satélite (PRODES). Estima-se que durante os quase cinco séculos antecedentes à década de 70, a presença europeia desmatou uma área “ligeiramente maior que Portugal” (SILVA, 2010).

Porém, as discussões políticas em relação ao agravamento do desflorestamento na região da Amazônia Legal Brasileira iniciaram-se em 2000, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) com apoio do Banco Mundial, para o acompanhamento do aumento de área desflorestada foram usados dados do INPE que permitiam acompanhar o crescimento do fenômeno, mas não permitiam a formação de políticas interventivas, muito se discutiu a respeito, principalmente em relação a atividades de agropecuária e madeireira, e foram propostos estudos sobre as condicionantes econômicas, culturais e financeiras que regiam o crescimento do desflorestamento (BRASIL, 2003).

Todavia, esta discussão é ainda hoje bastante presente, já que, pela rentabilidade oferecida pelos processos desflorestadores, as causas ambientais encontram barreiras ideológicas impostas pelas vantagens financeiras, o que ocorreu, sobretudo, foi uma redução nos índices de desflorestamento a partir de 2007, alcançando em 2010 e 2011 índices ainda menores que os valores do início da década de 90. Os valores referentes às taxas anuais de Desflorestamento variaram entre 1988 e 2012 (Figura 1).

Figura 1 - Taxa de desflorestamento Anual da Amazônia Legal entre 1988 e 2012.

Fonte: INPE (2013).

Todavia, é necessário ressaltar que este pico em 95 poderia ser uma consequência da recuperação do plano real, instituído por Collor de Mello, então presidente da República, e da recessão econômica brasileira ocorrida no início da década, o objetivo da publicação do banco mundial sobre as causas de desflorestamento era suscitar as discussões sobre a relevância da implementação de técnicas de manejo ambiental com o propósito de conscientizar os agentes desflorestadores da importância e da irreversibilidade da perda de biodiversidade (FEARNSIDE, 2005).

A fim de desacelerar o avanço do desflorestamento, foram implementadas políticas, legislações e multas, além de campanhas federais que acompanhavam as conclusões anuais divulgadas pelo INPE, porém, a primeira ação significativa para a repressão do desflorestamento ocorreu em 1989, foi o chamado Programa Nossa Natureza, que em seguida apresentou variações nos índices de desflorestamento, positiva ou negativamente, independente das multas e programas implementados (RODRIGUES, 2004)

Este quadro mudou em 2000, principalmente pela proibição das queimadas, em Julho do mesmo ano, e pelo Programa de Licenciamento e Desmatamento, implantando no Mato Grosso pela Fundação Estadual do Meio Ambiente do Mato Grosso (FEMA), funcional entre 1999 e 2001, os estudos do INPE através das imagens de *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) em português, Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta, apontaram uma queda de 80% nas queimadas (FEARNSIDE, 2005).

A vegetação tem função importante através da evapotranspiração e da retenção de umidade da água no solo na diminuição da amplitude da temperatura do ar, mas as funções da vegetação são bem extensas e abrangem também a precipitação e o microclima regionais. O avanço das fronteiras urbanas e agrícolas acaba por invadir áreas de floresta nativa, intervindo no ecossistema e desflorestando a cobertura vegetal, responsável por manter as propriedades e características do solo, a perda destes fatores implica em adversidades ambientais (VILELLA, 2009).

O nível local é o primeiro a sofrer os efeitos do desflorestamento. A comunidade local recebe benefícios diretos e indiretos do equilíbrio de ecossistema florestal, e com a quebra deste equilíbrio, uma série de efeitos é desencadeada. A floresta serve como uma “esponja”, isso significa que ela retém águas pluviais através de fenômenos naturais como a absorção, a adsorção e a própria retenção de águas nas folhas e galhos das árvores, além de acrescentar umidade localmente através da transpiração da água nas folhas, perder estas e outras atividades implica em alterar o ciclo hidrológico local, e as consequências podem variar entre os extremos, secas e inundações, que passam a atingir a comunidade que se beneficiava da floresta (BUTLER, s/d). Adiante serão discutidos individualmente os impactos de maior relevância condizentes com os fatores estudados.

ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO E NO MICROCLIMA

O desflorestamento também tem como consequência a interferência no ciclo hidrológico, no microclima e nas relações climáticas com outros países, regiões e dentro das bordas da bacia, à exemplo, a diminuição de chuvas no Sudeste brasileiro (SOARES FILHO *et al.*, 2005).

Em um estudo de caso realizado em Rondônia foram analisadas as modificações microclimáticas, no fluxo de superfície e dos elementos climáticos, provocadas pelo desflorestamento da região amazônica, mais especificamente na região do Ji-Paraná em Roraima, em dois meses, um mês de seca (setembro) e um mês tipicamente úmido (janeiro). Neste estudo foram identificados como consequências climáticas provocadas pelo desflorestamento: a redução no saldo de radiação de ondas curtas e totais; aumento da temperatura do ar média do ar; uma pequena redução na umidade específica do ar; aumento na velocidade dos ventos; redução de valores de evaporação e precipitação e períodos de seca prolongados (FISCH *et al.*, 1997).

Estes fatores são, segundo os autores, coerentes com observações já feitas em estudos sobre a distribuição regional da precipitação para a área sudoeste Amazônica, e também com as descrições sobre a convecção sudeste/noroeste da convecção amazônica (FIGUEIROA; NOBRE, 1990; HOREL *et al.*, 1989).

ALTERAÇÕES NO SOLO

Diversos problemas decorrem do desflorestamento, o solo sofre devido o avanço das fronteiras agrícolas e urbanas, tem-se a savanização de paisagens, algo preocupante, já que, por natureza, o solo amazônico é pobre em nutrientes e apresenta caráter ácido; a erosão e a compactação do solo, que passam a ocorrer de forma acelerada, não deixando tempo para o solo se regenerar e causa assoreamento de cursos e corpos d'água e a exaustão de nutrientes, provocando perda de qualidade do solo e redução de produtividade agrícola, prejudicando a manutenção da fertilidade (ABDON, 2004).

GEOTECNOLOGIA

Geotecnologia é a tecnologia utilizada para coleta, processamento, análise e exposição de informação com referência geográfica, sendo alguns exemplos (ROSA, 2005):

- Sistema de informação geográfica.
- Cartografia digital.
- Sensoriamento remoto.
- Sistema de posicionamento global (ou GPS, do Inglês *Global Positioning System*).
- Topografia georreferenciada.

A grande extensão territorial brasileira, aliada à dinâmica espaço temporal da atividade antrópica, torna difícil a obtenção de informações geográficas atualizadas e confiáveis. As geotecnologias podem auxiliar a obtenção dessas informações de forma mais rápida, precisa e com menor custo, quando comparadas às geradas pelas técnicas subjetivas tradicionalmente utilizadas (RIZZI, 2005).

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS, do inglês *Geographic Information System*) são as ferramentas computacionais para o geoprocessamento e é, basicamente, um sistema que permite capturar, manipular, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (MONTANHER, 2008).

O *SIG* em muitos casos é confundido com geoprocessamento, que é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um *SIG* processa dados gráficos com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies, ou seja, é uma técnica de geoprocessamento, sendo que nem todo geoprocessamento é um *SIG* (CARVALHO *et al.*, 2000; GIROTTO, 2011).

O uso de *SIG* traz enormes benefícios devido à sua capacidade de manipular informação espacial e, atualmente, os mais variados profissionais o utilizam para as mais variadas aplicações. Há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um *SIG* (CÂMARA:DAVIS: MONTEIRO, 2001):

- Ferramenta para produção de mapas.
- Suporte para análise espacial de fenômenos.
- Banco de dados geográficos.

A maioria dos *SIG*'s possuem funcionalidades básicas em comum, sendo que se diferenciam em função de sua operacionalidade e finalidades. (MONTANHER, 2008). O GIS contempla basicamente quatro funcionalidades (ROSA, 2005):

- Coleta, padronização, entrada e validação de dados.
- Armazenamento e recuperação dos dados.
- Análise e geração de informação.
- Saída e apresentação de resultados.

BREVE HISTÓRICO DO SIG

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, mas os primeiros *SIG* surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental, sendo os computadores necessários excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima (MATIAS, 2001).

Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* foi criada. Apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia (FERREIRA, 2006).

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de *SIG* inicia um período de acelerado crescimento que culmina até os dias de hoje.

Ainda na década de 80, a introdução do Geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ) (CÂMARA: DAVIS: MONTEIRO, 2001). Em 1984, foi criada a Divisão de Processamento de Imagens (DPI) que é, atualmente, parte da Coordenação Geral de Observação da Terra (OBT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a missão inicial de estudar e desenvolver soluções tecnológicas nacionais para tratamento de imagens de sensoriamento remoto (FELGUEIRAS, 2006).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada foi da observação sistemática, pois foi planejada com ações controladas, predeterminadas nos objetivos e propósitos do presente estudo (PRESTES, 2003).

Dessa forma, aplicou-se a metodologia em 5 (cinco) etapas distintas:

Etapla 1: consultas a teses, monografias, revistas, artigos e periódicos para elaboração do referencial teórico e apresentação do contexto do município e as políticas públicas.

Etapla 2: Aquisição de imagens do satélite LANDSAT, disponibilizadas gratuitamente pelo INPE. Os limites do município não estão contidos em apenas uma zona de imagens, para abranger toda a sua área foram adquiridas as imagens das zonas 223-065, 224-064 e 224-065 (Tabela 1). Essas

imagens foram baixadas em forma de banda que posteriormente foram utilizadas na composição da imagem *raster*.

Tabela 1 - Características das imagens utilizadas.

Ano	Orbita	Banda	Satélite	Data da Imagem
1984	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	27/07/1984
	224-64/65			16/06/1984
1988	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	07/08/1988
	224-64/65			14/08/1988
1992	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	02/08/1992
	224-64/65			22/06/1992
1996	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	28/07/1996
	224-64/65			17/06/1996
2000	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	12/06/2000
	224-64/65			
2004	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	25/07/2004
	224-64/65			29/07/2008
2008	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	21/08/2008
	224-64/65			06/08/2012
2012	223-65	3,4 e 5	LANDSAT 5	04/09/2012
	224-64/65			

Elaborada a partir de dados coletados em *links* especializados.

Etapa 3: Utilização do *software* Quantum GIS 1.8 para:

a) Compor bandas e criar um mosaico quadrienal com as imagens obtidas (1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008 e 2012), de forma a abranger o limite territorial do município de Canaã dos Carajás.

b) Vetorizar, em forma de polígonos, as áreas atingidas pelo desflorestamento dentro da área do município em cada uma das imagens selecionadas e, em seguida, calcular a área total de desflorestamento no município, utilizando, em ambos os casos, as ferramentas disponibilizadas pelo software QGIS como criação de camadas do tipo vetor, compositor de mosaicos e a calculadora de campo. Ressalta-se que a definição do método foi desenvolvida através de consenso mutuo dos elaboradores do trabalho após observações, tentativas e necessidades surgidas no decorrer da elaboração.

Etapa 4: Interpretação de dados, onde foi feito um acompanhamento da área desflorestada no município no decorrer dos anos (1988 a 2012), para possibilitar a visualização do acréscimo de área desflorestada e o avanço das fronteiras urbanas e agrícolas.

Etapa 5: Desenvolvimento de Tabelas, mapas temáticos e outros recursos visuais, de modo a facilitar a exposição de dados, dinamizar a apresentação interpretação e discussão dos mesmos nesse trabalho.

O projeto *Quantum GIS* (QGIS) foi iniciado oficialmente em maio de 2002, quando Gary Sherman começou a procurar um visualizador GIS rápido para Linux e com ampla gama de armazenamentos de dados. Isso, juntamente com um interesse na codificação de um aplicativo *GIS*, levou à criação do projeto. QGIS é um SIG que funciona em sistemas operacionais Linux, Unix, MacOSX e Windows, suporta variadíssimos tipos de dados, quer vectoriais, quer matriciais. Devido ao seu código de programação aberto, possui uma comunidade de utilizadores/desenvolvedores muito ativa que permite ciclos curtos de saída de novas versões e uma eliminação de erros de programação muito rápida, além de ter Licença Pública (PINTO, 2012).

O aspecto mais fundamental dos dados tratados em um *SIG* é a natureza da informação, visto que possuem duas componentes distintas. Por isso tão importante quanto localizá-los é descobrir e representar as relações entre os diversos dados no tratamento realizado. Os dados possuem informações (CARVALHO *et al.*, 2000):

Gráfica: Possui a finalidade de descrever as feições locais e interações espaciais entre essas feições, tal qual um mapa.

Alfanumérica: Representa as características, qualidades ou relacionamento de feições da representação gráfica. Geralmente são representadas em forma de Tabelas.

Existem duas formas principais de representar os dados, ambos surgiram da necessidade de estruturação de dados gráficos, possuindo vantagens e desvantagens de acordo com a destinação necessária, sendo que a maioria dos *SIG's* suportam ambas as representações. As formas principais são (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Tentativa de reproduzir um elemento ou objeto o mais exatamente possível. Qualquer entidade ou elemento gráfico de um mapa é reduzido a três formas básicas: pontos, linhas, áreas ou polígonos (Figura 2).

Figura 2 - Exemplo de representação vetorial.

Fonte: Câmara: Davis: Monteiro (2001)

No modelo vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um ou mais pares de coordenadas com atribuições relacionadas a cada tipo de elemento que representa. Este tipo de representação é comum em sistemas de Desenho Assistido por Computador (ou CAD, do inglês, *Computer Aided Design*) e outros tipos de sistemas gráficos porque o modelo vetorial é bastante intuitivo, embora nem sempre tais programas utilizem sistemas de coordenadas ajustados à superfície da Terra para realizar seus projetos

Na representação matricial o espaço é como uma matriz $P(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa e a área por ela coberta no terreno (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo de representação matricial.

Fonte: Câmara, Davis, Monteiro (2001).

Para a produção de cartas e em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. As operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial. No entanto, para um mesmo grau de precisão, o espaço de armazenamento requerido por uma representação matricial é substancialmente maior (CÂMARA *et al.*, 2001).

De modo geral, é o objetivo o estudo que define a representação de dados: se a necessidade for acerca da distribuição e relação espacial de objetos então a representação vetorial é indicada. Se a necessidade for o estudo da variabilidade espacial, então a representação matricial é indicada (CARVALHO *et al.*, 2000). Como métodos orientados à objetos, vetores e matrizes podem ser utilizados de forma simultânea, pois tratam elementos espaciais como objetos únicos (RIZZI, 2005). Porém em ambos, há vantagens e desvantagens (Tabela 2).

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens das representações de dados. Continua...

TIPO	VETORIAL	MATRICIAL
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura compacta. Fácil transformação de coordenadas. Representação precisa de objetos. Representação gráfica eficiente em todas as escalas. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura simples. Fácil manipulação de atributos. Aplicabilidade de análises e filtragens variadas. Fácil modelagem matemática.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens das representações de dados. Conclusão.

TIPO	VETORIAL	MATRICIAL
	<ul style="list-style-type: none"> Possibilidade de recuperação, atualização e generalização de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> Várias formas de dados disponíveis. Melhor representação de fenômenos contínuos
DESVANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura complexa. Combinação de polígonos requer grande capacidade de processamento. Exibição e impressão podem consumir muito tempo e ser caras. Necessidade de dados extras para análise de polígonos. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrutura volumosa. Diminuição de resolução resulta em perda de reconhecimento de estruturas. Difícil transformação de coordenadas, resultando em distorção de célula. Difícil associação de atributos a feições.

Fonte: Carvalho *et al.* (2000); Rizzi (2005).

FISIOGRAFIA DA ÁREA ESTUDADA

O município de Canã do Carajás (Figura 4) pertence à mesorregião Sudeste Paraense e a microrregião Parauapebas, com uma extensão territorial de 3.146,407 km² com coordenadas geográficas 6° 29' 51" Sul, 49° 52' 42" Oeste e altitude 286 m. O município é limitado ao Norte por Parauapebas, a Leste por Curionópolis e Sapucaia, ao Sul por Água Azul do Norte e a Oeste por Parauapebas (PARÁ, 2012).

Figura 4 - Mapa de localização do município de Canã dos Carajás.

Elaborado pelos autores a partir de dados obtidos no site do IBGE.

HISTÓRICO

O Município de Canaã dos Carajás teve origem a partir de um assentamento agrícola, o Projeto de Assentamento Carajás, implantado a partir de 1982 pelo Grupo Executivo das Terras do Araguaia e Tocantins (GETAT), do Governo Federal, com objetivo de atenuar conflitos pela posse da terra na região, que ficou conhecida como Centro de Desenvolvimento Regional (CEDERE). Em 1985, as atividades de assentamento terminam e o GETAT foi extinto. Só em outubro de 1994, através da Lei Estadual 5.860, o CEDERE é desmembrado de Parauapebas e vira município de Canaã dos Carajás. A população estimada em 2012 era de 29.101 habitantes (IBGE, 2013).

Quanto classificação do clima, ele é do tipo Tropical úmido com inverno seco, tipo Aw na classificação de Köppen, com variação anual da temperatura do ar de 25° a 26°C (máxima de 31° a 32°C, e mínima de 20° a 21°C). O período mais chuvoso é de novembro a abril, com 100 a 150 dias de chuva, e precipitação anual de 1750 a 2250 mm (BRASIL, 2006). Em relação a cobertura vegetal, ela é bastante diversificada no município de Canaã dos Carajás, predomina, entretanto, a Floresta Ombrófila Aberta Submontana e a Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2008).

Na região ocorrem, principalmente, dois tipos de solos (CARVALHO, 2006):

(1) Latossolo vermelho-amarelo: Ocorre com expressividade no Noroeste, Sudeste e Sudoeste do Estado. A fertilidade, assim como a saturação de bases, é geralmente baixa. A textura se apresenta bastante variável.

(2) Podzólico Vermelho-amarelo: São relativamente profundos, férteis, bem drenados, normalmente acidificados, com textura variando de média à argilosas. São muito propícios à erosão e pode ser encontrado no Estado de forma pulverizada na parte Nordeste, Sudeste, Sul e no Baixo Amazonas.

Em relação ao relevo, este, é composto pela depressão da Amazônia meridional seguido de planaltos residuais do sul da Amazônia e pelas serras do sul do Pará (IBGE, 2006). Já a hidrografia, Canaã do Carajás faz parte da Sub-Região Hidrográfica do Itacaiúnas localizada na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia que ocupa 10,4% da área do estado e a precipitação média é da ordem de 1.869 mm/ano chegando a 2.565 mm/ano no litoral. A vazão é de 11.800 m³/s, fornece uma vazão específica média de 15,6 L/s.km². A evapotranspiração real média é de 1.200 mm/ano e o coeficiente médio de escoamento superficial é de aproximadamente 0,30 (.). Quanto à região hidrográfica é constituída pelas bacias dos rios Tocantins, Itacaiúnas e Araguaia e tem como principais drenagens os rios de mesmo nome, e ainda os rios Preto, Jacundá, Oeiras, Inajá, Gameleira ou Chicão, Salobo, Itacaiunas, Madeira, Parauapebas, Sereno, Sororó, Praia Alta e Trocará (BRASIL, 2007; SEMA, 2007).

O uso e ocupação do solo ocorrem por extrativismo vegetal em área florestal, pecuária de animais de grande porte e mineração de minerais metálicos como, por exemplo, ouro (Au) e cobre (Cu), seja por garimpos não mecanizados, semi-mecanizados ou mecanizados (IBGE, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DESFLORESTAMENTOS

Os dados obtidos e analisados indicaram que houve, no intervalo de quatro anos, (Início em 1984 e finalizado em 2004), uma tendência evolutiva nos valores da área total desflorestada. Isso ocorreu devido a emancipação do município (Tabela 3).

Tabela 4 - Avanço do desflorestamento no município de Canaã dos Carajás – PA.

Ano	Desflorestamento (km ²)	Variação de desflorestamento (km ²)	% do município desflorestado
1984	377,94	-	12,01
1988	963,46	585,52	30,62
1992	1409,69	446,23	44,81
1996	1558,44	148,75	49,54
2000	1609,18	50,74	51,15
2004	1713,08	103,9	54,45
2008	1670,53	-42,55	53,10
2012	1623,89	-46,64	51,62

Fonte: IBGE (2008).

Em consequência dessa tendência, houve um aumento das atividades econômicas, pois, em 1988, o percentual alcançou 32,92% e, em 2004, elevou-se para 59,04%. Já nos intervalos seguintes (2004 a 2012). Em 2012, houve tendência a redução na área total desflorestada devido a implementação de ações de reflorestamento e atividades de Educação Ambiental (EA) no município desenvolvidas pela mineradora. Essas ações recompuseram 59,04% %. Do que foi desflorestado.

1984

A primeira caracterização cartográfica gerada utilizando o *software* QGIS para realizar a demarcação das áreas desflorestadas do município de Canaã dos Carajás foi feita utilizando uma imagem de satélite do município no ano de 1984 (Figura 5).

Figura 5 - Caracterização Cartográfica da área desflorestada em 1984. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Os cálculos mostraram que a área desflorestada é equivalente a 377,94 km² e 12,01% da área total do município, com maior abrangência no sentido sudeste, no qual estão localizados os municípios de Xinguara, Curionópolis, Sapucaia e parte de Água Azul do Norte. É válido ressaltar que nesse ano, a área ainda não tinha sido desmembrada do município de Parauapebas e, por isso, não era considerado um município, e sim apenas um assentamento oriundo dos incentivos dos grandes projetos de ocupação da Amazônia. As atividades econômicas desenvolvidas na área nesse período

eram as mesmas realizadas em projetos de assentamento, agricultura e pecuária, bem como a extração madeireira, devido à ausência de dados quantitativos estas atividades podem ser consideradas como as principais causas do desflorestamento.

1984 A 1988

A segunda caracterização cartográfica gerada corresponde ao intervalo de quatro anos em relação ao ano base, 1984 e estende-se até 1988 (Figura 6).

Figura 6 - Caracterização Cartográfica da área desflorestada de 1994 a 1998. Canaã dos Carajás - PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Os dados obtidos indicaram um valor igual a 963,46 km² (30,62% da área total do município), e isso significa um aumento de 585,52 km² em relação ao ano anterior, ou seja, aproximadamente 120% de crescimento. Com abrangência mais uniforme, a área desflorestada expandiu em direção ao oeste, e criou uma grande região sem vegetação ou com vegetação escassa e esparsa, o que proporcionou a fragmentação florestal. Nesse ano, a área era ocupada pelo Projeto de Assentamento Carajás, porém com maior infraestrutura do que na análise anterior devido à abertura de estradas e pequenos indícios de vilas.

1988 A 1992

Figura 7 - Caracterização Cartográfica da área desflorestada - Canaã dos Carajás - 1992.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Houve expansão da área desflorestada que, nesse ano, atingiu 1409,68 km², equivalente a 44,81% da área total do município e com uma variação de 446,23 km² em relação ao ano anterior, porém, manteve a proporção crescente do desflorestamento.

A área desflorestada manteve-se sem grandes avanços em qualquer direção, em relação aos pontos geográficos como ficaram comprovados nos anos posteriores, porém, notou-se menor densidade de áreas verdes remanescentes na região da borda leste da área, que posteriormente irá se tornar a sede do município. Pôde ser notada uma melhora na infraestrutura com ampliação de estradas e aumento da área das vilas já existentes.

Acredita-se que esta redução nos valores do desflorestamento sejam reflexos da conferência Eco 92, realizada no Rio de Janeiro no mês de Junho de 1992, em que foram debatidas as causas ambientais a nível global e foi criada a agenda 21, com sugestões de práticas que promovam o desenvolvimento sustentável, exercendo uma possível intervenção nas atividades desflorestadoras do município, além das políticas públicas como a Política Nacional do Meio Ambiente através da lei 6938/81, com fundamento nos incisos VI e VII do art. 23 e no art. 235 da Constituição Federal brasileira.

1992 A 1996

Para esse período, a caracterização cartográfica foi elaborada no quadriênio iniciado em 1992 e encerrou em 1996 (Figura 8).

Figura 8 - Caracterização Cartográfica da área desflorestada no período de 1992 a 1996. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Os cálculos mostraram um valor igual a 1558,44 km² de área desflorestada, o equivalente a 49,54% da área total do município, o que gerou uma variação de 148,75 km² em relação a análise anterior, sendo a menor e bem abaixo das demais analisadas anteriormente. A área desflorestada continuou a crescer, porém, com valores reduzidos e caracterizado por pequenos avanços em direção ao centro da área, ocasionando uma homogeneidade no que tange a área desflorestada central. No ano de 1994, houve a emancipação do assentamento, tornando-o finalmente o município de Canaã dos Carajás.

1996 A 2000

A caracterização cartográfica do período seguinte, ou seja, 1996 a 2000, permitiu uma visualização mais adequada do desflorestamento no município pesquisado (Figura 9).

Figura 9 - Caracterização cartográfica da área desflorestada no período compreendido entre 1996 e 2000. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

A análise dos dados obtidos indicou um valor igual a 1609,18 km², o equivalente a 51,15% da área total do município. Entretanto, este ano apresentou tendência a redução de, aproximadamente, 66% quando comparado a 1996, pois, neste ano, o houve indicação de incremento de 82,25 km² no intervalo entre 1996 e 2000.

Nesse contexto, dados publicados pelo IBGE, o Produto Interno Bruto (PIB) do município de Canaã dos Carajás, equivaleu a R\$ 27.757, onde, R\$ 14.563 provenientes da agropecuária, R\$ 1.215 da indústria e R\$ 10.675 de serviços diversos. Os valores disponibilizados pelo IBGE só abrangem o período 2000 - 2010. Vale destacar que em 1998, foi publicado o Decreto n. 2.486 de 2 de fevereiro de 1998 que homologou legalmente a Floresta Nacional (FLONA) de Carajás.

2000 A 2004

A caracterização cartográfica do período seguinte, variação entre os anos 2000 e 2004 (Figura 10).

Figura 10 - Caracterização cartográfica da área desflorestada entre 2002 e 2004. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

O ano de 2004 apresentou os maiores valores de desflorestamento no município durante o período estudado. Neste ano a área total desflorestada equivaleu a 1713,08 Km², 54,45 % da área total do município, porém, os valores de variação, mesmo elevados em comparação aos valores do período anterior, não apresentaram a mesma intensidade em relação aos períodos anteriormente analisados nesse estudo.

Quanto a este aumento, pode-se inferir que foi em decorrência da implantação da mineradora pertencente ao grupo VALE, atuando no município através do Projeto Ferro Carajás em 2002, pois a implantação e a operacionalidade apresentam atividades desflorestadoras, sejam ela diretas ou indiretas, como a ocupação de áreas não urbanizadas do município.

2004 A 2008

Para que haja mais assertiva na elaboração da caracterização cartográfica desse ano, sobrepuseram-se as imagens já geradas, ou seja, de 2004 a 2008 (Figura 11).

Figura 11 - Caracterização cartográfica da área desflorestada de 2004 a 2008. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Os valores desse ano trazem uma alteração no padrão de aumento do desflorestamento, e um incremento no processo inverso, ou seja, aumento de área florestada do município, 1670,53 km², o que equivale a 53,10%, e a redução das áreas desflorestadas representou 42,55 km² da área total do município.

Acredita-se que a justificativa para estes valores crescente em áreas florestadas são reflexo principalmente de dois fatores: aumento na fiscalização e controle do desflorestamento devido a presença da mineradora e sua ação de programas de reflorestamento como medida ambiental compensatória e da FLONA de Canaã dos Carajás.

A FLONA é uma Unidade de Conservação (UC) Federal gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Esta UC abrange os municípios de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte e possui área de aproximadamente 392.725,14 km², ocupando 1.190,90 km² do município de Canaã dos Carajás (Figura 12).

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *LandSat 5*

Sendo a área constituída de floresta ombrófila, semi-caducifolia e campos rupestres rodeada por pastagens. Na prática este é um grande refúgio para a vida silvestre e grande testemunho da floresta nativa da região conhecida como “Polígono dos Castanhais” (GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009).

2008 A 2012

A caracterização cartográfica do período seguinte, fez-se um mosaico das imagens geradas desde 2008 até 2012, para verificação do crescimento/estagnação do desflorestamento (Figura 13).

Figura 13 - Caracterização cartográfica da área desflorestada no período de 2008 a 2012. Canaã dos Carajás – PA.

Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos no *link* eletrônico do *Landsat 5*

Durante o último ano estudado os valores continuaram apresentando quedas nas taxas de desflorestamento, reduzindo nesse intervalo 46,64 km² da área desflorestada do município, agora com 1623,89 km² representando aproximadamente 51,62% da área total do município, pouco mais que a metade de sua área total. Os valores, entretanto, seguem a mesma linha do último período estudado, e cresceram ainda mais, apesar de não apresentarem a mesma intensidade que os valores de 2004 e 2008.

De maneira geral, analisaram-se as imagens, e verificou-se grande o avanço da área desflorestada durante o período 1984-1988, e menor avanço entre 2008 - 2012, apresentando os maiores valores para área desflorestada total no município o ano de 2004 (Figura 14).

Figura 14 – Valores para o desflorestamento: 1984 a 2012. Canaã dos Carajás – PA.

Percebeu-se também que a área florestada do município corresponde a aproximadamente a área que não faz parte da FLONA, serve como uma espécie de limite, demarcando o avanço da área urbana. O desflorestamento no município de Canaã dos Carajás durante 1984 e 2012 apresentou valores e variações condizentes com as informações presentes na literatura, tal relação pode ser vista nos primeiros anos de estudo, através da influência das políticas públicas no avanço da fronteira urbana.

Na década de 80 data os primeiros anos do estudo e os últimos anos da participação direta das políticas públicas, que apresentaram os maiores valores de variação de desflorestamento entre os períodos de 1984 -1986 e 1986 -1988, já que neste período ainda existiam características de expansão

de fronteira e integração nas áreas de Projeto de Assentamento. O planejamento na região passou a ampliar a ação militar e a concentrar recursos em pequenas áreas de grande extensão, que é o caso do Projeto Ferro Carajás, atuante no município estudado (BECKER, 2005).

A região pertencente à Amazônica Legal Brasileira, na qual está incluída a região Sudeste do Pará, passou por um conjunto de políticas governamentais e ações da sociedade civil entre 2007 e 2010, estas políticas contribuíram para a redução do desflorestamento no município e aliaram criação de Áreas Protegidas, restrições financeiras e comerciais contra agentes desflorestadores e controle tradicional, que inclui multas, apreensões de bens e produtos de origem ilegal (OLIVEIRA JUNIOR; CARVALHO JÚNIOR, 2013).

CONCLUSÕES

Houve grande avanço da área desflorestada com maior intensidade durante o período iniciado em 1984 e estende-se até 1988, período em que o avanço foi fomentado pelos grandes projetos citados, período este que seguiu apresentando o maior valor de desflorestamento no ano de 2004 e os menores nos anos de 2008 a 2012, havendo, inclusive, uma redução da área.

Percebe-se também que a área florestada do município corresponde a aproximadamente a área que faz parte da FLONA de Carajás, o que limita o avanço da área urbana e é uma demonstração clara que a legislação, aliada ao monitoramento, inibe o avanço do desflorestamento em toda e qualquer área.

Com relação às geotecnologias, pode-se afirmar que, aliada ao uso de satélites, são atualmente de grandiosa importância para a manutenção das florestas pois possuem qualidades como a relativa facilidade de manuseio, banco de dados constantemente alimentados e gratuitos, ampla rede de comunicação mundial, rápidas respostas, correlacionamento de dados e saídas de dados multiforme.

A partir destes resultados nota-se que o uso das geotecnologias, aliado às legislações inerentes às causas ambientais pode alcançar valores significativos de redução da intensidade das atividades desflorestadoras, em casos como o de Canaã dos Carajás estas ações foram além, reduzindo a área desflorestada no município. A grande dificuldade continua sendo a sensibilização da sociedade, e a carência de uma efetiva educação ambiental bem difundida entre os atores sociais, porém, já é possível identificar sinais de uma mudança, seja ela decorrente de uma nova mentalidade ou pela interferência de caráter punitivo advinda da legislação.

REFERÊNCIAS

ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico – erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio taquari, MS, em decorrência da pecuária.** 2004. Tese (Doutorado Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2004.

ALMEIDA, S. *et al.* O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados.** São Paulo v.19, n.53, jan. /apr. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142005000100010&script=sci_arttext&tlng=pt> Acesso: 10 jul. 2013.

BECKER, B. K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **PARCERIAS ESTRATÉGICAS,** n. 12. 2001. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/epdir/images/docs/paper28.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2013

BRASIL. Banco Mundial. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira.** Brasília 2003. 100 p. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166->

[1185895645304/4044168-1185895685298/010CausasDesmatamentoAmazoniaBrasileira.pdf](#)>
 acesso em: 09 jul. 2013.

BRASIL. **Caderno Regional Da Região Hidrográfica Do Tocantins-Araguaia**. 2006. Ministério do Meio Ambiente. Programa de estruturação institucional para a consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos - BRA/OEA/01/002. Relatório final, Brasília, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **A Navegação Interior e sua Interface com o Setor de Recursos Hídricos no Brasil e Aproveitamento do Potencial Hidráulico para Geração de Energia no Brasil/Agência Nacional de Águas**, Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos. 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso: 10 jul. 2013.

CARVALHO, M. S. **Manual de reflorestamento**. Belém. 2006. Disponível em: <http://geomaurotorres.blogspot.com.br/2009/06/principais-tipos-de-solos-do-estado-do.html>. Acesso: 10 jul. 2013.

CARVALHO, M. S. et al. **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização pan-americana de saúde/ Ministério da Saúde. 2000.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Revista Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 113-123, jul. 2005.

FELGUEIRAS, C. A. **A tecnologia SPRING, breve histórico, status atual e evolução**. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.811-824. Disponível em: <http://mtcm17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm17%4080/2006/12.08.13.39/doc/p145.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2013.

FERREIRA, C. N. **Apostila de sistema de informações geográficas**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Goiânia. 2006.
 Disponível em: http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/geoprocessamento_aplicado_ao_planejamento/do_cs/apostila_sig%5B1%5D.pdf. Acesso em: 10 jul. 2013.

FERREIRA, L. V.; et al. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v.19, n.53, p. 157 – 166, jan./ apr. 2005

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. **A New Precipitation distribution over Tropical South America West of 40W**. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). 1990. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/18-d169fc5e7fa05ed58f6bcb3013c1efc.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2013

FISCH, G. *et al.* Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região amazônica: estudo de um caso em Rondônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, n. 1, p.33-48. 1997.

GIROTTTO, J. **Desenvolvimento de sistema computacional utilizando geotecnologias aplicadas a roteirização da entrega de cargas**. Santa Maria, RS. 2011. Disponível em:

http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/21/TDE-2011-09-13T173221Z-3206/Publico/GIROTTO,%20JUNIOR.pdf. Acesso: 10 jul. 2013.

GUMIER-COSTA, F; SPERBER, C. F. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n.2, p. 459 – 466. 2009.

HOREL, J. H.; HAHMANN, A. N.; GEISLER, J. E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate**, v. 2, n.11, p. 1388-1403, 1989.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de vegetação. 2008. Disponível em:

ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/pa_vegetacao.pdf. Acesso em: 10 jul. 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Histórico do Município de Canaã dos Carajás. 2006. Disponível em:<
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=150215&search=para|canaa-dos-carajas#historico>> Acesso em: 10 jul. 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MAPA de uso do solo. 2011. Disponível em:<

ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/unidades_federacao/pa_uso.pdf> Acesso em: 10 jul. 2013.

LIMA, A. **Caracterização do padrão temporal de regeneração florestal da Amazônia oriental em áreas desmatadas no ano de 2001**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.6161. 2011.

MATIAS, L. F. **Sistema de informações geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001. Disponível em:

<http://www.ige.unicamp.br/geoget/acervo/teses/Sistema%20de%20Informacoes%20Lindon.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2013.

MONTANHER, O. C. **Operacionalidade do sistema de informação geográfica – estudo de caso: Spring**. Universidade Estadual de Maringá. 2008. Disponível em:<
http://www.dge.uem.br/semana/eixo5/trabalho_72.pdf> Acesso em: 10 jul. 2013.

NASCIMENTO, F. I. C.; LIRA, E. M. O uso das geotecnologias como ferramenta para o mapeamento de focos de queimadas na Amazônia Sul-ocidental. **REVISTA GEONORTE**, v.2, n.4, p.1646 – 1654. 2012.

OLIVEIRA, F. A reconquista da Amazônia. **Novos Estudos, CEBRAP**, n. 38, p. 3 -14. 1994.

OLIVEIRA JUNIOR; L. A. L.; CARVALHO JUNIOR; J. G. Modelagem do desmatamento em 30 municípios da região sudeste do Pará. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. 2013. Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu 2013.

PARÁ (Estado). **Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Estatística Municipal: Canaã dos Carajás**. Pará, 2012. Disponível em:<
<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/CanaaCarajas.pdf>> Acesso: 10 jul. 2013.

- PINTO, P. **Software SIG disponíveis para Linux**. 2012. Disponível em: <http://pplware.sapo.pt/linux/software-sig-disponveis-para-linux>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- PRESTES, M. L. M. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico: do planejamento aos textos, da escola à academia**. 2. ed. São Paulo: Rêspel, 2003.
- RIZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no rio grande do sul**. INPE. São José dos Campos. 2005. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Rizzi-R-2004/publicacao.pdf>. Acesso: 10 jul. 2013.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. USP (SP): **Revista do Departamento de Geografia**, n 16, p. 81 - 90. 2005.
- RODRIGUES, R. L. V. **Análise dos Fatores Determinantes do Desflorestamento na Amazônia Legal**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: COPPE, 2004.
- SEMAS. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. 2007. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/gesir>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- SILVA, M. R. **Estratégias de conservação da floresta amazônica brasileira: Importância das Unidades Conservação e das Florestas Privadas na Redução do Desmatamento**. Universidade Internacional de Andalucia. 2010. Disponível em: http://dspace.unia.es/bitstream/10334/767/3/0149_RochadaSilva.pdf. Acesso em: 18 nov. 2013.
- SOARES FILHO, B. S. *et al.* Nexo entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento na Amazônia: **a caminho de um modelo integrado**. In: BATISTELLA, M.; ALVES, D.; MORAN, E. (Org.). **Amazônia. Natureza e Sociedade em Transformação**. São Paulo, 2008, v. 1. <http://www.csr.ufmg.br/dinamica/publications/cap6.pdf>. Acesso em: 26 set. 2013
- SOUSA, I. S. Grandes projetos na Amazônia: mudanças e perspectivas na produção do estado urbano em Iranduba – AM. **ACTA GEOGRÁFICA**, ed. Especial. p. 71 - 80. 2011. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/viewFile/552/567>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- VALERIANO, D. M. *et al.* Dimensões do Desmatamento na Amazônia Brasileira. In. Martine, G. **População e Sustentabilidade na era das mudanças ambientais Globais: Contribuições para uma Agenda Brasileira**. p. 223-238. 2012.
- VARGAS, J. *et al.* **O desmatamento de áreas permanentes e reservas legais em propriedades rurais detectados por geotecnologia: o caso do município de Campo Novo do Parecis-MT**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Informação. Centro de Tecnologia e Geociências – UFPE. Recife, PE. 2010.
- VILELA, T. A. **Avaliação do Desmatamento e seus Possíveis Impactos nas Mudanças Climáticas da Bacia do Rio Turvo Sujo – MG**. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2009.

Hilquias Miranda Cortez
Engenheiro Ambiental.
hilquias.cortez@gmail.com

Samy Cardoso Sá
Engenheiro Ambiental

. samyzin@hotmail.com

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 3 -

**IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COLETA SELETIVA NA ESCOLA
ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO PROFESSOR ANÍSIO TEIXEIRA,
MARABÁ – PA**

Daniel da Silva Santos; Rai Veloso Santos Silva; Antônio Pereira Júnior

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-03

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos vem acompanhando o crescimento da população, o que torna relevante a implantação de um sistema de coleta seletiva, pois se dá como o primeiro passo para nortear a capacidade, no sentido pedagógico com intuito socioambiental, de observância aos problemas ambientais proporcionados pela produção descontrolada de resíduos sólidos, onde por sua vez, na atual conjuntura é possível identificar movimentos sociais preocupados com a destinação final dos resíduos. Avançar com um projeto desta magnitude significa facultar uma eficácia na educação ambiental, atuando como precursor de idoneidade aos cidadãos e instituições quanto a sustentabilidade.

Quanto a definição para resíduos sólidos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004), escreveu que os mesmos:

São definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p.1)

As primeiras iniciativas organizadas de coleta seletiva no Brasil tiveram início em 1986. Destacam-se, a partir de 1990, aquelas nas quais as administrações municipais estabeleceram parcerias com catadores organizados em associações e cooperativas para a gestão e execução dos programas. Essas parcerias além de reduzir o custo dos programas se tornam um modelo de política de resíduos sólidos, com inclusão social e geração de renda apoiada por entidades da sociedade civil. (RIBEIRO, 2007)

Quanto ao conceito de Educação Ambiental, encontra-se bem definido na Lei n. 9795:1999, art. 1º:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (BRASIL, 1999)

A coleta seletiva é uma importante ferramenta à educação ambiental, afirmando que a mesma se destaca pelo seu caráter educativo, pela possibilidade de mobilizar a comunidade na busca de alternativas para melhoria de seu ambiente de vida, transformando os cuidados com o lixo em exercício de cidadania, devendo ser implantada em todo e qualquer ambiente, seja na área educacional como na profissional. (TRINDADE, 2011)

O Centro de Acomodação Final de Resíduos Sólidos (CAFRE) tem fundamental importância neste projeto pois auxilia no correto acondicionamento dos resíduos mantendo-os segregados de acordo suas características coniventes com a Norma Brasileira (NBR) 10004, encontrada na

Associação de Normas Brasileiras (ABNT, (2004), que os classifica como: Resíduos de Classe I – Perigosos; Resíduos de Classe II – Não perigosos, onde estes ainda são subdivididos em: Resíduos de Classe II A – Não Inertes e Resíduos de Classe II B – Inertes. É importante ressaltar que apenas os resíduos de Classe II serão administrados neste projeto por questões de demanda.

Consequentemente, a manipulação e a destinação final dos resíduos sólidos estão atreladas a Educação Ambiental e, embora haja legislação específica, o problema quanto a essas duas ações ainda é persistente.

Por isso, o manejo com resíduos sólidos devem ser monitorados, e isso justifica esta pesquisa, bem como determina a relevância da mesma, além de contribuir para o alcance do objetivo que é a implantação de um Sistema de Coleta Seletiva na Escola Estadual de Ensino Médio “Professor Anísio Teixeira”, localizada no município de Marabá-PA, a partir do projeto Escola Sustentável, para melhor aplicação da Educação Ambiental aos educandos de primeiro ao terceiro ano, com o apoio do corpo Docente, em prol da construção de uma base social responsável para com o meio ambiente.

REVISÃO DE LITERATURA

RESÍDUOS SÓLIDOS

A grande problemática quanto aos resíduos sólidos, está no fato de que, a disposição inadequada dos resíduos sólidos se apresenta como fator de risco à saúde pública e ao meio ambiente. Dessa forma, é fundamental que as medidas tomadas para seu gerenciamento sejam bem estudadas e selecionadas e que as alternativas de solução sejam implantadas e operadas adequadamente (BRINGHENTI, 2004).

No Brasil, a maioria dos municípios dispõe seus resíduos de forma inadequada. Segundo os dados sobre alternativas de disposição final de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros apresentados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), com um total de 5.570 municípios, apenas 994 dispõe de serviços de coleta seletiva, onde na região norte apenas 21 destes dispõem seus resíduos adequadamente.

COLETA SELETIVA

Assim como no Brasil, países da Europa como a Espanha, passam por problemas referentes ao acréscimo na quantidade de resíduos gerados paralelo ao crescimento populacional assim com diz quando afirma que, nas últimas décadas, o crescimento econômico em todo o mundo causou um aumento na produção excessiva de resíduos. Na Europa, novas estratégias de gestão de resíduos lidam com esse problema criando planos de prevenção na geração (GALLARDO, 2013).

O que fazer com o desperdício é um dos grandes desafios para nossas sociedades e para a cidadania em suas múltiplas dimensões de produtores, consumidores e usuários dos diferentes sistemas de gerenciamento. Embora o assunto em questão seja totalmente atual e polêmico, e cheio de argumentos de natureza ética, a filosofia moral acadêmica tem ministrado pouca atenção. (ROCHA, 2013).

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Convém atentar que a Educação Ambiental está intimamente ligada ao indivíduo como ser social, portanto é importante a percepção individual como elemento da prática ou disseminação da Educação Ambiental sob os olhares de cada ator do espaço social. Para tanto, evidencia-se a contribuição de uma nova abordagem educativa a partir da evolução dos meios de comunicação, que

é a “educomunicação”, como também a “educomunicação” ambiental como força propulsora de transformação de atitudes humanas ambientais. (DIAS, 2016)

Congruente aos pensamentos dos autores supracitados, o tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global enuncia que Educação Ambiental deve ter como base o pensamento crítico e inovador, em qualquer tempo ou lugar, em seu modo formal, não formal e informal, promovendo a transformação e a construção da sociedade (SILVA, 2008).

O trabalho educacional é, sem dúvida, um dos mais urgentes e necessários meios para reverter essa situação, pois atualmente, grande parte dos desequilíbrios está relacionada às condutas humanas geradas pelos apelos consumistas que geram desperdícios, e pelo uso inadequado dos bens da natureza e, é através das instituições de ensino, que poderemos mudar hábitos e atitudes do ser humano, formando sujeitos ecológicos (FELIX, 2007).

LEGISLAÇÃO VIGENTE

No que se refere ao Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) em estabelecimentos públicos e privados, já existe uma exigência pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei n. 12.305:2010, que contém em sua estrutura diretrizes, instrumentos e objetivos que irão fundamentar a iniciativa da implantação do sistema de coleta seletiva na Escola Estadual de Ensino Médio Professor Anísio Teixeira (EEEM), inseridas no projeto Escola Sustentável. É importante ressaltar que a criação do PGRS não é obrigatória a todos os estabelecimentos. Na legislação (PNRS), art. 20, o legislador especifica os tipos de instalações que estão sujeitos à criação do PGRS, onde é possível enquadrá-la no inciso II, alínea b, para justificar todo trabalho realizado na instituição de ensino.

O artigo 1º do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no uso das atribuições que lhe conferem a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e tendo em vista o disposto na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e no Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999, estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O município pelo qual será aplicado o projeto, está situado no Sudeste do Pará, Região Norte do Brasil. Atualmente possui uma área territorial de 15.092 Km² e uma população estimada de 203.049 habitantes (IBGE, 2009). Marabá dista 684 km da capital do Estado, Belém (COSANPA, 2011). A escola objeto de estudo, EEE Prof. Anísio Teixeira, localiza-se no Município de Marabá – PA (Figura 1), na avenida Nagib Mutran, S/N – Bairro Cidade Nova.

Figura 1 – Localização da E. e. e. m. Professor Anísio Teixeira. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017).

Marabá destaca-se pela sua posição estratégica, sendo parte importante do eixo da rede de circulação - hidroviário, ferroviário e rodoviário - estadual e nacional, mantendo ligações com o Centro-Sul, o Nordeste e a Amazônia, através das rodovias BR-230 (Rodovia Transamazônica), BR-153 (via PA-150 e PA-287), BR-222 e da Ferrovia Estrada de Ferro Carajás. Por via aérea, a cidade de Marabá, liga-se à Capital Federal e aos principais centros econômicos do país. (COSANPA, 2011)

O clima do município de Marabá caracteriza-se como equatorial, quente e úmido, segundo a classificação *Koppen*, apresentando temperatura do ar médias mensais entre 22,9°C e 32°C, com média anual de 26°C, de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia, obtidos na estação situada em Marabá com altitude de 95,00 m, entre o período de 1990 a 1994. A umidade relativa do ar varia de 73% a 93% e a precipitação anual fica em torno 1.976 mm. O período mais chuvoso inicia-se em janeiro e termina em março, e o mais seco vai de julho a setembro. A insolação média é de 2.400 horas anuais e os ventos têm velocidade média de 1,4 m/s, com predominância no sentido de NE, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (RAYOL, 2009).

A cobertura vegetal original do município de Marabá é bastante diversificada, porém enquadra-se genericamente na zona de Floresta Equatorial Úmida da Hiléia Amazônica. Predomina a Floresta Densa, que pode ser chamada Floresta Ombrófila Tropical, Pluvissilva ou Floresta Tropical Chuvosa. Encontra-se também como classe de formação vegetativa a Floresta Aberta Mista (cocal) e em menor escala a Floresta Aberta Latifoliada (cipoal). Além dessas unidades fisionômicas típicas das terras firmes, encontra-se a Floresta Densa dos Terraços, em trechos que margeiam o rio Tocantins, Florestas Ciliares e Matas de Galeria, acompanhando os cursos d'água de menor porte (COSANPA, 2011).

Os solos do município de Marabá são classificados em: Latossolo vermelho-amarelo, Podzólico vermelho- amarelo, areias quartzosas Hidromórficos, solos aluviais e solos litólicos, com predominância do solo Podzólico vermelho. Na área urbana, nos núcleos da Marabá Pioneira, Cidade Nova e Nova Marabá, caracteriza-se o tipo Podzólico vermelho. Em São Félix predomina a areia quartzosa Hidromórficos, e em Morada Nova predomina o latossolo vermelho (RAYOL, 2009).

MÉTODO

O método utilizado foi o indutivo, pois, de acordo com Gil (2008), parte-se de uma particularidade, a geração de resíduos sólidos, e chega-se a uma generalidade, que é a destinação inadequada desses resíduos e a ocorrência de impactos ambientais. Quanto à natureza da pesquisa, ela é aplicada, em razão do que foi sintetizado por Silveira e Córdova (2009), já que o objetivo é gerar conhecimentos com aplicações práticas (coleta seletiva e armazenamento temporário em CAFRE) à problemas específicos (descarte inadequado dos resíduos sólidos). Para melhor compreensão do método, estruturou-se um fluxograma (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma do Método Aplicado. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2017)

O delineamento do projeto baseou-se na observância do potencial de estudo, analisando o comportamento dos educandos a respeito do meio ambiente e a quantidade de informações necessárias sobre o mesmo relacionadas a coleta seletiva, para só então, propor as mais adequadas iniciativas, visando a prevenção à uma comunidade desinformada e complicações pelo incorreto acondicionamento de resíduos sólidos. Para isso, foram seguidas cinco etapas, já mostradas no fluxograma e que estão descritas abaixo, que compõem o projeto como um todo.

CARACTERIZAÇÃO DAS ETAPAS

Para a primeira etapa tem-se o levantamento de informações, realizada ao longo do mês de abril, subdividida em três pontos: Diagnóstico inicial; materiais e orçamento; levantamento de dados documentais.

DIAGNÓSTICO INICIAL

Foi aplicado um *Check list*, na primeira quinzena de abril, para o ensino médio, respectivamente: 1º Ano I; 1º Ano II; 1º Ano III; 1º Ano IV; 2º Ano I; 2º Ano II; 2º Ano III; 3º Ano I e 3º Ano II, assim como seus respectivos docentes, com o objetivo de apresentar o projeto e levantar dados como por exemplo: Relevância que a coleta seletiva possui para os estudantes, se os mesmos possuem conhecimento do termo em questão; como avaliam a coleta de resíduos na escola, entre outros; identificar a estimativa dos resíduos gerados no ambiente escolar com o objetivo de planejar o gerenciamento e quantidade de coletores; tipos de coletores e áreas onde a geração de resíduos se manifesta.

MATERIAIS E ORÇAMENTO

Os materiais necessários foram listados (Quadro 1) para os novos coletores, os mesmos foram pintados de acordo com a identificação de resíduos por cor no que está regulamentado na norma vigente. Foi instalada a quantidade necessária de sacos plásticos de 50 litros no interior dos coletores para facilitar o transporte até o CAFRE e evitar o escoamento de efluentes líquidos para a estrutura dos coletores.

Quadro 1 – Estimativa da geração de resíduos sólidos

Resíduo Sólido	Estimativa por pessoa
Papel	296
Plástico	89
Metal	21
Vidro	4
Orgânico	22
Não reciclável	0
TOTAL	432

Fonte: autores (2017)

O orçamento e quantidade necessária de materiais, foi parte realizada para o planejamento antes do soerguimento, com o objetivo de avaliar a viabilidade e custo benefício (Quadro 2).

Quadro 2 – Orçamento e Quantidade de Materiais Para o CAFRE. Continua...

Material	Qtde.	P. U. (R\$)	P.T.(R\$)
Caibro 2,50m (unidades)	6	Doação	-
Caibro 3,00m (unidades)	6	Doação	-
Cimento (saca)	½	10,00	10,00
Areia	-	Doação	-
Seixo	-	Doação	-
Ripão 5,50m (unidades)	7	10,00	70,00
Óleo queimado (litros)	4	Doação	-
Pregos diversos (Kg)	2	Doação	-
Telhas	12	8,50	100,00
Grade 1,50m (metros)	20	10,00	200,00
Parafusos (diversos) pacote	1	35,00	35,00
Compensado 10mm (unidades)	4	35,00	140,00
Mão-de-obra (diárias)	3	50,00	150,00
TOTAL	-	-	705,00

Fonte: autores (2017).

LEVANTAMENTO DE DADOS DOCUMENTAIS

Para a elaboração do projeto, pesquisa de leis, artigos, livros, periódicos, entre outros, serviram de embasamento teórico e produção do artigo e da apresentação final do projeto, consistindo na produção parcial destes. Foram também obtidos dados a respeito de algumas características físicas e geográficas do município que recebeu o projeto Escola Sustentável. Para a segunda etapa, realizada de maio a setembro, tem-se a implantação subdividida em quatro pontos: Criação do *Layout*; Financiamento; compra e fabricação; palestra, respectivamente descritas abaixo:

Em relação ao *Layout*, o mesmo foi elaborado, no início de maio e finalizado em junho, o projeto estrutural, no *sketchup* 2017, de dois tipos de coletores, os destinados ao refeitório (Figura 3a), que devem estar em conjunto num total de cinco, com as cores respectivas correspondentes ao tipo de resíduo como verde para o vidro, vermelho para o plástico, amarelo para o metal, azul para o papel e marrom para o orgânico, e outro projeto elaborado no mesmo programa para os coletores internos (Figura 3b) em um total de dezenove que acondicionam o plástico e o papel simultaneamente em compartimentos separados, sendo estes destinados ao interior das salas, planejados previamente, onde os mesmos são móveis e possuem uma tampa estruturada para minimizar o contato do indivíduo com o resíduo, reduzindo os riscos de contaminação.

Figura 3 – a) Projeto Estrutural dos Coletores Externos/ b) Projeto Estrutural dos Coletores Internos. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017)

No mês de julho, foi esquematizada a planta baixa (Figura 4) para escolha do local de acomodação destes. Distribuídos, em vinte e quatro coletores seletivos no total, em locais estratégicos para melhor aproveitamento dos usuários e otimização de tempo, não havendo necessidade de percorrer longas distâncias para acondicionar devidamente o resíduo gerado.

Figura 4 – Planta Baixa da escola objeto dessa pesquisa. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017)

No mesmo período, também foi realizado o projeto estrutural do CAFRE (Figura 5), no Autocad 2016, para garantir grande valia para a correta alocação e dimensionamento de espaço deste, beneficiando o transporte do resíduo gerado na escola para esse receptor e, por conseguinte, o transporte do resíduo acondicionado até ele, e dele, para o caminhão coletor.

Figura 5 – Projeto Estrutural do CAFRE a ser instalado na escola. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017).

Para suprir a necessidade pelo custeio das obras a serem implantadas de acordo o projeto, foi realizado a busca por apoio por parte de instituições públicas e/ou privadas para a angariação de fundos afim do custeio dos materiais para os coletores e para o CAFRE, em um período de duas semanas no mês de agosto.

Fabricação: ainda em agosto, iniciou-se a fabricação dos coletores. Foi necessário a contratação de mão de obra especializada para a fabricação dos coletores evitando possíveis complicações quanto a sua estrutura. Os coletores seletivos externos (Figura 6a) foram construídos

com folhas de compensado, da mesma forma os coletores seletivos internos (Figura 6b), porém, estes foram fabricados para comportar dois tipos de resíduos.

Figura 6 – a) localização do conjunto de quatro coletores seletivos nos corredores; b) no interior da sala de aula. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017).

Para o soerguimento do CAFRE (Figura 7) não foi diferente, houve necessidade da contratação de mão de obra especializada para melhor fixação deste no solo e garantias de melhor cobertura com a grade e telhado.

Figura 7 – CAFRE instalado em área cedida pela Diretoria da escola. Marabá - PA.

Fonte: autores (2017)

É importante ressaltar que o CAFRE foi soerguido próximo ao portão de saída da instituição. O telhado da estrutura possui uma inclinação propiciando o fácil escoamento de águas provenientes das precipitações pluviométricas.

Foram realizadas palestras (Figura 8), em um período de uma semana no mês de setembro com toda a comunidade escolar participante do projeto, para informar sobre a instalação dos novos coletores, orientar e distribuir os panfletos para que os mesmos disseminem as instruções de como utilizar a nova infraestrutura de coleta de resíduos, exposição a questionamentos e dúvidas, entre outros.

Figura 8 – Realização da palestra para incremento da percepção ambiental quanto ao uso correto dos coletores seletivos. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017)

Na terceira etapa, monitoramento, dois pontos relevantes foram descritos, com o objetivo de evitar complicações no decorrer da aplicação do projeto, o levantamento de dados documentais e o diagnóstico da situação atual, visando comparação com os dados anteriores. A continuação dessa ação com os novos dados obtidos (medidas tomadas, instalação, descrição da rotina de manutenção, etc.) processamento de novos dados para incorporação do artigo. Para isso foi aplicado um novo *Check List*, no mês de outubro. Em novembro foi realizado o acompanhamento dos educandos quanto a utilização dos coletores e dos funcionários de limpeza quanto ao acondicionamento referente ao CAFRE, para observância do aprendizado, visando a comparação de dados anteriores e posteriores às palestras e a respeito da implantação dos coletores, para obter então o *feedback* da comunidade escolar, críticas e sugestões.

Com o funcionamento adequado da estrutura, em novembro tal etapa baseou-se unicamente na capacitação dos funcionários após a coleta para administrarem os coletores, o transporte e a acomodação de resíduos naquele local, de forma temporária para que os riscos de contaminação fossem reduzidos.

A quinta e última etapa do projeto Escola Sustentável refere-se à finalização, onde foi realizado, em novembro, a vistoria e apuração do objetivo do projeto, com intuito de diagnosticar todo o planejamento e aplicabilidade, assim como deixar informações importantes no término da implantação do projeto, com os tópicos pertinentes abaixo:

- a) A educação ambiental dos frequentadores da escola se dará de duas formas: (1) palestras e (2) divulgação de mídia (impressa e digital). É de extrema importância que a direção da escola colabore com essa iniciativa.
- b) Todos os resíduos serão administrados pelo projeto, exceto: resíduos radioativos (em virtude da não geração do mesmo no local) e Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) pelo mesmo motivo.
- c) Coletores de resíduos especiais (Resíduos Perigosos) não serão colocados devido à falta de demanda na escola.
- d) É de extrema importância que o CAFRE seja instalado no local planejado, pelo motivo de facilitar a remoção do resíduo para as cooperativas de reciclagem, bem como para reduzir os custos da sua construção.
- e) O transporte do resíduo até as cooperativas de reciclagem será realizado mensalmente ou quinzenalmente (de acordo com o volume gerado) e ficará sob custos e responsabilidades dos beneficiados pelo projeto.

f) A infraestrutura não será, necessariamente, instalada de uma vez só, por este motivo, a mesma estará sujeita a interdições para melhorias e manutenção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Para a primeira etapa referente ao levantamento de informações, a análise dos dados obtidos por meio do *check list* indicou que, dos quatrocentos e trinta e dois indivíduos amostrados, cento e seis (24,53%) conhecem a correta utilização de coletores seletivos, bem como as especificações dos mesmos, o que os torna aptos para utilização destes. Em contrapartida, trezentos e vinte e seis (75,47%) desconhecem a utilização e as especificações, sendo estes considerados inaptos (Figura 9).

Figura 9 – Aptidão dos Indivíduos Amostrados. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017)

Adquiriu-se também a opinião dos indivíduos a respeito de qual resíduo é gerado com maior frequência na escola, onde os participantes do método puderam identificar através de seus conhecimentos explanados no *check list*, de tal forma que duzentos e noventa e seis (68,51%) destes afirmaram que o papel é o resíduo mais gerado no ambiente de estudo (Quadro 3)

Quadro 3 – Estimativa da geração de resíduos sólidos. Marabá – PA.

Resíduo Sólido	Estimativa por pessoa
Papel	296
Plástico	89
Metal	21
Vidro	4
Orgânico	22
Não reciclável	0
TOTAL	432

Fonte: autores (2017)

Pode-se notar que os educandos não tinham ciência de que material não reciclável era produzido nas escolas, como lâmpadas e pilhas esgotadas, entretanto os mesmos foram informados e educados quanto aos tipos de resíduos gerados.

EM RELAÇÃO A IMPLANTAÇÃO DOS COLETOERES RESÍDUAIS E DA CAFRE

A implantação foi um processo rápido, uma vez que já havia disposição prévia com a planta baixa e não houveram complicações quanto aos locais analisados e sugeridos. Anterior a implantação da nova infraestrutura, observou-se que os coletores utilizados (Figura 10a) não permitiam a segregação dos resíduos gerados, nem mesmo possibilitavam a educação ambiental do corpo escolar. Os resultados estéticos e estratégicos foram visivelmente eficazes por promover o incentivo quanto a educação ambiental, instigando o indivíduo a acondicionar corretamente o resíduo gerado pelo mesmo. Pôde-se notar que a disposição dos resíduos sólidos escolares (Figura 10b) não era realizada corretamente antes do soerguimento do CAFRE, o que implicaria no aumento do risco de contaminação com o perigo ali presente de maneira exposta e de fácil acesso.

Figura 10 – Coletores Antigos alocados nas salas de aula. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017).

IMPLANTAÇÃO DO CAFRE

PALESTRAS

Foi possível constatar o notório aprendizado quanto as especificações dos coletores e a funcionalidade do CAFRE, bem como noções básicas sobre sustentabilidade e meio ambiente. A entrega dos panfletos no final de cada palestra realizada, serviu de grande apoio para fixação do conteúdo ministrado. Não houve descaso por parte dos alunos participante, o que permite alegar que a temática sobre educação ambiental é de certa forma atraente aos olhos dos indivíduos em estudo, provavelmente por não ser um tema muito debatido no cotidiano, como alegaram os próprios educandos.

As palestras tiveram um rendimento de vinte e cinco a trinta minutos, alguns alunos fizeram perguntas pertinentes quanto a destinação final dos resíduos e a serventia que os mesmos poderiam ter caso sujeitos ao reuso e/ou a reciclagem. Todas as dúvidas foram sanadas, garantindo ótimos resultados quanto ao objetivo desta etapa

MONITORAMENTO

Não foi necessário a manutenção da nova infraestrutura, pois a mesma, se encontrou em ótimas condições no decorrer do projeto. Após a realização das palestras, pode-se notar uma diferença

considerável no momento de obtenção de *feedback* com os diretamente envolvidos, no quesito de informações quanto ao meio ambiente e coleta seletiva.

Após a análise dos dados obtidos acerca do conhecimento sobre os coletores residuais, foi indicado que, dos 432 indivíduos amostrados, 304 (70,37%) já sabiam diferenciar os coletores e possuíam noções básicas sobre a coleta seletiva, sendo estes aptos; 128 (29,62%) ainda não conseguiam diferenciar os coletores e suas respectivas funções, os mantendo inaptos (Figura 12).

Figura 12 – Comparação Entre Dados da Primeiro e a Segundo Etapa. Marabá – PA.

Fonte: autores (2017).

TREINAMENTO E FINALIZAÇÃO

A quarta etapa serviu como mantenedora dos resultados finais atrelados a justificativa e ao objetivo do projeto, pois a mesma garantiu que os funcionários responsáveis pela limpeza agissem paralelamente ao planejado, garantindo então uma maior durabilidade e o correto funcionamento da estrutura implementada. Os funcionários de limpeza apoiaram o projeto e puderam ver melhoria significativa assim como a otimização no acondicionamento dos resíduos.

Em relação a finalização, houve a implantação do projeto Escola Sustentável apresentou dificuldades quanto ao transporte dos resíduos por meio das cooperativas de reciclagem, pois as questões a respeito do custo por parte dos beneficiados pelo projeto são prejudicadas pela burocracia e complicações com autorizações, por se tratar de uma instituição pública. Por sua vez, não houve necessidade de interdição das obras de soerguimento e implantação, nem mesmo na operação do projeto quanto à manutenção da infraestrutura utilizada.

DISCUSSÃO

Para Souza (2013), os resultados dos questionários aplicados aos diretores e coordenadores das escolas mostraram que existem trabalhos feitos por professores, ligados ao meio ambiente. Porém nem todos os professores discutem ou aplicam, de forma transversal, a Educação Ambiental. As principais dificuldades dos professores dizem respeito às questões orçamentárias e estruturais, como, também, à motivação, capacitação e compreensão do tema, além de dificuldades de relacionamento entre si e em liderar projetos e comprometer-se com o seu andamento.

Problemas como esses estão atrelados no desenrolar de qualquer projeto que promova educação ambiental, assim como para o Projeto Escola Sustentável, nos quesitos de aquisição e orçamento de materiais. Por conta da participação do corpo docente, felizmente, não houve excitação em ceder horários para a aplicação de palestras, nem mesmo por conta da diretoria nos momentos de instalação dos coletores e do CAFRE.

Educação Ambiental é um caminho possível para mudar atitudes e, por consequência, o mundo, permitindo ao aluno construir uma nova forma de compreender a realidade na qual vive, estimulando a consciência ambiental e a cidadania, numa cultura ética, de paz, de solidariedade, de liberdade, de parceria e partilha do bem-comum, da habilidade, da delicadeza e do bom senso. Ou seja, a Educação Ambiental é aquela que permite o aluno trilhar um caminho que o leve a um mundo mais justo, mais solidário, mais ético, enfim, mais sustentável (GUEDES, 2006).

O estudo realizado por Dias (2016), que se caracterizou por levar alunos de ensino fundamental, por meio de visitas técnicas às nascentes do Rio Tietê, São Paulo, com intuito de educação ambiental, percebeu-se como resultados um aprendizado, uma troca entre professor e aluno, o trabalho foi desenvolvido de forma que o aluno deixasse de ser mero observador e passasse a ser protagonista no processo de aprendizagem, com vistas a uma análise reflexiva e crítica do estudo realizado.

De modo em que foram citados os autores acima, torna-se perceptível que, por meio de trabalhos, projetos ou programas que visam a educação ambiental, da mesma forma como este o faz, auxiliam no desenvolvimento de um cidadão ciente e propício a ser um importante personagem para mobilização de uma sociedade. Os dados quantitativos explanados dão indícios de que o empenho e correto planejamento podem promover melhoras significativas à circunstância desejada.

CONCLUSÕES

A importância do projeto Escola Sustentável aplicado na instituição de ensino é notória, o que promoveu uma evidente mudança de hábitos e atitudes consideravelmente simples. Os principais resultados foram atingidos, como a implantação da nova infraestrutura, com êxito e a promoção de educação ambiental de uma forma mais especializada. Como já abordado por alguns autores supracitados, observa-se que a melhor maneira de mudar uma sociedade instável para uma base firme de conhecimento atrelado ao meio ambiente é atingir as instituições de ensino da mesma.

É necessário abordar a carência de projetos como esses no município, uma vez que o mesmo não possui rede pública de coleta seletiva, em prol da segregação dos resíduos, entretanto, toda ação regulamentadora tem um início, e por mais árduo que seja, torna-se indispensável a preocupação com o meio ambiente e sustentabilidade.

A maior dificuldade encontradas pautou-se na aquisição do material de construção, tendo em vista o alto valor orçamentado e o atual cenário econômico brasileiro, assim como nas colaborações com patrocínios. Impasses como estes já eram previstos, o que não impediu de forma alguma a eficaz aplicabilidade de todas as fases do projeto assim como a obtenção de resultados positivos.

Um projeto como este possui uma aplicabilidade muito grande, o que abre portas para continuidades nesta linha de pesquisa, a compreensão e o desenvolvimento da educação ambiental e sustentabilidade podem ser ensinadas e demonstradas de forma prática, pela qual implica dizer que, procurar formas de mitigar as apressadas agressões ambientais, por meio de impactos antrópicos negativos, é o que defini a garantia de um futuro próspero e saudável às próximas gerações, as soluções não são impossíveis, o que torna gratificante pesquisas baseadas neste contexto.

Por fim, observou-se que os benefícios diretos e indiretos, promovidos pelo projeto Escola Sustentável foram a segregação dos resíduos para facilitar o transporte, armazenamento temporário e abrindo alas para a destinação final do resíduo; a otimização da identificação do resíduo para disposição final, caso o mesmo seja passivo de valor econômico; a iniciativa para a geração de renda com a reciclagem de resíduos que o possuem; a substituição dos coletores convencionais por coletores seletivos e instalação do Centro de Acomodação Final de Resíduos (CAFRE) e promoção da conscientização da comunidade escolar em relação aos aspectos ambientais consoantes aos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 22 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm >. Acesso em: 08 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321> >. Acesso em: 08 nov. 2017.

BRINGHENTI, J. R. **Coleta Seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública. Universidade São Paulo, São Paulo.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 275 de abril de 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html>. Acesso em: 08 nov. 2017.

COSANPA. Elaboração de projeto e execução para ampliação do sistema de abastecimento de água (2º etapa), da cidade de Marabá, no estado do Pará. 2011.

FELIX, R. A. Z. Coleta seletiva em ambiente escolar. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 18, 2007. Disponível em: file:///C:/Users/feito_000/Downloads/3321 - 9314-1 -PB.pdf. Acesso em: 20 nov. 2013.

GALLARDO, A. *et al.* Influencia del nivel de ingresos económicos en la recogida selectiva de residuos urbanos. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, Espanha, v. 29, n. 29, p. 19-24, ago. /nov. 2013.

GUEDES, J.C. S. **Educação ambiental nas escolas de ensino fundamental**: estudo de caso. Garanhuns: Ed. do autor, 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 2008. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Densidade Demográfica**. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321> >. Acesso em: 08 nov. 2017.

OLIVEIRA, N. A. S. A educação ambiental e a percepção fenomenológica, através de mapas mentais. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 16, 2012. Disponível em: file:///C:/Users/feito_000/Downloads/3321 - 9314-1 -PB.pdf. Acesso em: 20 nov. 2013.

ROCHA, A. C. Niveles éticos y gestión de residuos: Evaluando el sistema de recogida selectiva “puerta a puerta”. **Dilemata**, v. 5, n.13, p. 209-229, 2013.

RIBEIRO, H.; BASEN, G. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 1-18, jun./ago. 2007.

ROYAL, J. A. **Perspectivas para o meio ambiente urbano**: GeoMarabá. Pará, Belém: 2009.

SILVA, M. M. P.; LEITE, V. D. Estratégias para realização de educação ambiental em escolas do ensino fundamental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 20, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/feito_000/Downloads/3321 - 9314-1 -PB.pdf. Acesso em: 20 nov. 2013.

SOARES, L. G.; SALGUEIRO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco—um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-9, jul./dez. 2007.

SOUZA, G. S. *et al.* Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, Rio Grande, v. 8, n. 2, p. 118-130, 2013.

TRINDADE, N. A. D. Consciência ambiental: coleta seletiva e reciclagem no ambiente escolar. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**. Goiânia, v.7, n.12, p. 1-15. 2011.

Daniel da Silva Santos

Engenheiro Ambiental

danielsantosgtr@hotmail.com

Rai Veloso Santos Silva

Engenheiro Ambiental

E-mail: raiveloso@yahoo.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais

Universidade do Estado do Pará.

Departamento de Engenharia Ambiental.

antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 4 -

**POSTO REVENDEDOR DE COMBUSTÍVEIS: VERIFICAÇÃO
QUALITATIVA DA VULNERABILIDADE E RISCO SOCIOAMBIENTAL À
CIRCUNVIZINHANÇA**

Antônio Pereira Júnior; Laryssa Passos Brandão; Sandreane dos Santos Ribeiro

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-04

INTRODUÇÃO

No Brasil, o conceito legal de meio ambiente encontra-se disposto no art. 3º, I, da Lei Federal nº. 6.938:1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente: “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. O meio ambiente constitui um dos temas essenciais das políticas governamentais e uma das maiores preocupações dos cidadãos, seja nos países industrializados ou não. Pois, com o crescente processo de industrialização verificado desde o final do século XX, ao lado do incremento das pesquisas, do desenvolvimento e da difusão de novas tecnologias, os processos de produção e seus respectivos produtos, têm contribuído para pôr em perigo ou causar prejuízos à saúde humana e ambiental (SOUZA, 2009).

Nesse contexto, meio ambiente é definido como a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações. Uma organização é responsável pelo meio ambiente que a cerca, devendo, portanto, respeitá-lo, agir como não poluente e cumprir as legislações e normas pertinentes. Os PRC se distribuem nos centros urbanos, no meio rural e nas estradas (rodovias), esta atividade é encontrada nos mais diferentes locais, independente do porte das atividades econômicas realizadas na região e representam ainda hoje uma importante atividade para a economia nacional. Essas atividades são bastante diversificadas e envolvem não só o abastecimento, mas também troca de óleo e lavagem de veículo, loja de conveniência, lanchonete, restaurante, etc. (ISO 14001:2004; SANTOS, 2005; SOUZA, 2009).

Tal atividade é considerada como uma das fontes mais importante de contaminação do ar dos grandes centros urbanos, através dos produtos derivados do petróleo, como o óleo diesel e a gasolina. A qualidade do ar nas atividades de revenda e abastecimento de combustíveis líquido tem sido motivo de preocupação em todo mundo, especialmente nas grandes metrópoles, uma vez que essas atividades apresentam um alto risco para os trabalhadores locais, clientes e às pessoas que transitam diariamente pelas vizinhanças ou até mesmo residem nas imediações (SANTOS, 2014).

Em razão disso, o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é um documento focado na análise de impactos à qualidade de vida urbana, na vizinhança do empreendimento e o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) é voltado aos impactos causados ao meio físico, biótico e socioeconômico. Um impacto à vizinhança também é um impacto ambiental, mas nem todo impacto ambiental é um impacto à vizinhança.

A caracterização da vizinhança pode ser efetuada através do Diagnóstico Ambiental, pois, nele, se identifica a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, bem como o entorno imediato, o que deverá compor a Área de Influência Direta (AID). Essas áreas deverão ser estabelecidas pela equipe responsável pela execução do estudo, que deverá considerar como ADA, aquela submetida diretamente às intervenções necessárias à implantação do empreendimento, e como AID, aquela sujeita aos impactos diretos, decorrentes da implantação e operação do empreendimento. Sua delimitação deverá ser feita em função das características dos meios físico, biótico e antrópico e das particularidades do projeto (IBAMA, 2007).

Em razão disso, faz-se necessário classificar o uso do solo para identificar as unidades presentes na ADA e AID, com o auxílio da Lei Municipal nº. 17.213:2006 que institui o Plano Diretor

Participativo (PDP) do Município de Marabá, cria o Conselho Gestor do Plano Diretor e dá outras providências:

Unidade Residencial: aquele destinado à moradia unifamiliar ou multifamiliar, segundo os parâmetros urbanísticos definidos nos quadros que integram a presente lei.

Unidade Não-residencial: aquele destinado ao exercício de uma ou mais das seguintes atividades (industrial, comercial, de prestação de serviços e institucional).

Unidade Mista: aquela constituída pelos uso-residencial e não-residencial na mesma edificação.

Por sua vez, essa classificação auxilia no levantamento de dados quanto ao uso e ocupação do solo no entorno do empreendimento, com a finalidade de identificação da população vulnerável, que são: trabalhadores do posto, trabalhadores eventuais e moradores da vizinhança.

VULNERABILIDADE, RISCO E PERIGO

Os conceitos sobre vulnerabilidade são normalmente compreendidos como a suscetibilidade física, política ou social de um sistema ou comunidade a um dano, quando sujeito a uma perturbação ou pressão ambiental, ao invés de medida de um dano real, ou seja, em uma definição lata, é o potencial para perda. A vulnerabilidade inclui elemento de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado período), de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder e recuperar de ameaças ambientais). Essas definições tão simples e genéricas apreendem a essência da vulnerabilidade (CUTTER, 2011; GALLOPIN, 2006),

Contudo, sabe-se que, esse conceito é atrelado a um ou mais fatores provocadores da vulnerabilidade: exposição, sensibilidade e resiliência. O estudo desses fatores permite a avaliação da maior ou menor vulnerabilidade de um sistema a determinadas questões ambientais. Dessa forma, um sistema é mais vulnerável quanto maior as pressões e a sensibilidade do meio e menor sua capacidade adaptativa (). Nesse contexto, com maior ou menor importância, a vulnerabilidade está sempre presente e, por conseguinte, o risco também. A vulnerabilidade é intrínseca à noção de risco, que é conceituado como a probabilidade de que um evento, esperado ou não esperado, se torne realidade. A ideia de que algo pode vir a ocorrer, já configura um risco. É importante ressaltar que a vulnerabilidade opera apenas quando o risco está presente; sem risco, vulnerabilidade não tem efeito (ADGER, 2006; JANCZURA, 2012; PELLETIER, 2007).

Quanto ao risco, a *Occupational Health and Safety Assessment Services* (OHSAS), normativa 18001:1999, o define como a “combinação da frequência, ou probabilidade, e das consequências da ocorrência de uma situação de perigo específica”. Destaca-se que o conceito de perigo difere do risco, pois, àquele tem as características elencadas de uma atividade ou substância, que podem causar algum tipo de dano para pessoas, instalações ou meio ambiente (LIMA; COSTA JÚNIOR; BACELAR NETO, 2008).

Em relação à análise do conceito de risco e vulnerabilidade pode-se inferir que independentemente das palavras utilizadas, é aceito por quase todos os que se dedicam a este tipo de estudos, que o risco é, então, o somatório de algo que nada tem a ver com a vontade do homem (aleatório, acaso, casualidade ou periculosidade), com algo que resulta da presença direta ou indireta do homem, ou seja, a vulnerabilidade (). Ainda sobre o risco, é conveniente estabelecer o conceito de iminente, pois é a ameaça de se concretizar, ou seja, que está a ponto de acontecer, próximo, imediato. O risco iminente é o risco que pode ocorrer, porém não há como afirmar quando vai ocorrer; isto é, um tipo de evento inesperado que ocorre no ambiente (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007; HOUAISS, 2001).

Contudo, ao associar as tipologias de risco e vulnerabilidade do local em que se encontra a população diretamente afetada, a vulnerabilidade pode ser delineada, identificando o risco e as medidas preventivas que podem ser tomadas para diminuí-lo ao máximo, minimizando a vulnerabilidade. Por outro lado, faz parte de uma pesquisa considerar as formas como a sociedade

poderá e deverá reagir para absorver e recuperar-se do impacto do perigo, caso este se realize (MARANDOLA JUNIOR; HOGAN, 2006a).

Nesse contexto, o risco ambiental é a probabilidade condicional de ocorrer um evento com repercussões ambientais específicas (impactos ambientais) como: contaminação de um corpo d'água; contaminação do solo; redução da biodiversidade e perda de recursos comerciais importantes. Tal risco é função de vários fatores, como: natureza do perigo; possibilidade de contato (potencial de exposição); possibilidade de ocorrência do evento indesejado; magnitude da exposição e das consequências (impactos), bem como da existência de valores públicos importantes. Quanto à tipologia dos riscos a serem abordadas sabe-se que os ambientais resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território (CUNHA, 2008; VEYRET; RICHEMOND, 2007).

Em função disso, o risco ambiental remete à possibilidade de ocorrência de eventos danosos ao ambiente, enquanto que, para a legislação que trata de licenciamento, a noção de impacto ambiental está ligada à repetição de algo que já aconteceu e que poderá significar um evento positivo ou negativo, podendo comprometer a licença para instalar um empreendimento em determinado local. Vale ressaltar que os riscos ambientais estão ligados tanto a agentes físicos e químicos, quanto a biológicos que tendem a impactar os ecossistemas circunvizinhos quando ultrapassam os limites do ambiente de trabalho, podendo atingir os compartimentos ambientais (solo, ar e água). Também podem estar associados a vazamentos, extravasamentos, transbordos e emissões, entre outros. Os mesmos tornam-se riscos reais quando ultrapassam os limites das normativas cabíveis e quando afetam a saúde ambiental e humana. Pode-se relacionar também como riscos ao meio ambiente os fenômenos da natureza como enchentes, inundações e alagamentos (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007; RIELLI, 2007).

Outro tipo de risco é o risco social, que representa risco para um grupo de pessoas constituído pela comunidade exposta aos efeitos dos acidentes passíveis de ocorrer nas instalações em análise. Assim, o risco social diz respeito à população presente na zona de alcance dos efeitos físicos gerados pelos diferentes cenários de acidentes. Como se observa, risco é sempre um objeto social, seja quando uma comunidade ou indivíduo específico são atingidos, vivenciam ou sofrem com um risco natural ou telúrico que, de certa forma, independe de suas ações diretas; assim, o homem é o centro do nosso interesse (FARIAS, 2010; IELO; ZACHARIAS, 2014).

Todavia, pode-se correlacionar os conceitos de risco e perigo, como: o risco sendo a probabilidade de perigo, geralmente com ameaça física para o homem e/ou para o meio ambiente; isto é, um evento ou ato que possui consequências adversas. Além disso, se apresenta em situações ou áreas em que existe a probabilidade, susceptibilidade, vulnerabilidade, acaso ou azar de ocorrer algum tipo de ameaça, perigo, problema, impacto ou desastre (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2006b).

Contudo, os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) são frequentemente utilizados como sinônimos, mas não o são. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e regiões conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem modificados pela atividade humana, tais como a degradação do ambiente e urbanização. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

CONTAMINAÇÃO POR COMBUSTÍVEIS

O potencial poluidor dos PRC's pode ser exemplificado pelos malefícios que as substâncias comercializadas no mesmo, causam ao meio social e ambiental. Os incômodos causados pelo odor do combustível quando atinge o interior de residências e estabelecimentos comerciais, expõe as pessoas a substâncias tóxicas à saúde humana, como os hidrocarbonetos monoaromáticos, mais conhecidos como Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno "BTEX" (TROVÃO, 2006).

Embora não muito comum, também é possível ocorrer a contaminação das redes de abastecimento de água potável por meio da migração de poluentes para o interior das tubulações, e sua distribuição e consumo para parte da população, especialmente nas regiões com déficit hídrico motivado por manutenções na rede ou por sistemas de rodízio em épocas de racionamento (VALENTIN, 2008).

A contaminação de solos e águas subterrâneas causadas pelos postos de serviços é, na grande maioria dos casos, provocada por vazamentos em tanques e tubulações subterrâneas ou constantes e sucessivos extravasamentos junto às bombas e bocais de enchimento (Figura 1). Geralmente os acidentes são percebidos somente após o afloramento do produto em galerias de esgoto, redes de drenagem de águas pluviais, no subsolo, em túneis, escavações e poços de abastecimento d'água (MARANHÃO; TEIXEIRA.C; TEIXEIRA, T., 2007).

Figura 1 - Processo de transporte de combustível no solo.

Fonte: Maranhão; Teixeira. C; Teixeira. T (2007).

Após ocorrer um vazamento, ao entrar em contato com o solo, o contaminante infiltra no ambiente e essa infiltração pode ser facilitada conforme a permeabilidade do meio (Figura 2). A permeabilidade é a capacidade que o solo possui de permitir o escoamento de água entre os seus espaços vazios, pode ser medida pelo coeficiente de permeabilidade e influenciada por diversos fatores, tais quais a granulometria, composição mineralógica, índice de vazios, fluido, estrutura, macroestrutura e temperatura do ar (GREGORCZYK; PICCIONI, 2011).

Figura 2 - Contaminação do solo e da água subterrânea.

Fonte: Forte et al. (2007).

As consequências da contaminação são sérios problemas à saúde pública. Os maiores problemas das contaminações por derivados de petróleo são atribuídos aos hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX), que são os constituintes mais solúveis e mais móveis da fração da gasolina, sendo os primeiros a atingir o lençol freático. Estes compostos são depressores do sistema nervoso central, e apresentam toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações (da ordem de ppb), sendo o benzeno o mais tóxico e comprovadamente carcinogênico (VASCONCELOS *et al.*, 2014).

Desta forma, a contaminação ambiental é considerada crime ambiental pela Lei Federal 9.605:1998, regulamentada pelo Decreto 3.179:1999. A legislação brasileira obriga todos os postos de revenda de combustíveis a serem devidamente licenciados pelos órgãos ambientais competentes após cadastramento do mesmo. A resolução CONAMA n. 273:2000, dispõe que na ocorrência de passivos ambientais, os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento, equipamentos e sistemas além dos fornecedores de combustíveis, responderão solidariamente pela situação, contribuindo para o saneamento das áreas impactadas (BRASIL, 2000).

Portanto, o presente estudo objetivou a verificação dos riscos, perigos e vulnerabilidades proporcionadas ao meio socioambiental pelo PRC, uma vez que a realização do mesmo tem o intuito de despertar a necessidade de maior atenção dos órgãos fiscalizadores, por exemplo, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), e dos empreendedores no que tange à infraestrutura dos postos e, principalmente, a vulnerabilidade ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi efetuada no Núcleo Cidade Nova, bairro Laranjeira, que teve início em 1976, confluência da Avenida Boa Esperança com a Rua Kalil Mutran, no Auto Posto Liz, instalado no ano de 2008 cuja área total equivale a 530 m², e 349,60 m² de área construída. A localização geográfica é definida pelas coordenadas geográficas: 05° 22' 40,6''S e 49° 07' 49,5''W (Figura 4).

Figura 4 - Localização do PRC, Núcleo Cidade Nova. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015).

A escolha da área foi definida pelo fato de que o entorno do empreendimento apresenta características que expõe o mesmo a vulnerabilidade, perigo e risco social e ambiental. Como também, ao considerar a insegurança e a exposição a riscos provocadas pelo desempenho das atividades no PRC, e devido à variedade de unidades ocupacionais do solo, que são residências e comércios (Figura 5).

Figura 5 - Croqui da área. Núcleo Cidade Nova. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015).

O zoneamento da área de estudo é denominado como Unidade Mista, que é aquele constituído pelos uso-residencial e não-residencial na mesma edificação, ou seja, são unidades mista (MARABÁ, 2006). Residências e comércios constituem essa área compartilhando do mesmo espaço, os estabelecimentos comerciais são diversos: lojas de eletrodomésticos, materiais para construção, barbearia, drogaria e bares. A unidade residencial vizinha ao posto, na rua Kalil Mutran utiliza como limite o muro que divide os terrenos e as paredes para as construções (Figura 6).

Figura 6 - Localização do PRC em Unidade Mista, Núcleo Cidade Nova. Marabá – PA.

Legendas: A – gerência do posto; B – Loja de conveniências; C – salas para locação.

Fonte: autores (2015).

O PRC tem estrutura ampla, e o abastecimento de combustíveis é realizado por quatro bombas distribuídas na área de servidão. O pátio é revestido de piso polido impermeabilizado e na parte de escritório, além do funcionamento da gerência do posto (A), possui uma loja de conveniência (B) e salas para locação (C) nos dois pavimentos da edificação. Em relação à caracterização da área,

próximo ao PRC está localizada a feira coberta da Laranjeira, Dionor Maranhão, no sentido norte-sul, ao lado oposto da via principal de acesso em relação ao posto de combustível. A distância entre os dois pontos é de aproximadamente 70 metros (Figura 7).

Figura 7 - Representação da distância entre o posto e a feira. Núcleo Cidade Nova. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Os dados obtidos e analisados indicaram que, para a instalação do empreendimento em tela, não houve consulta da opinião popular quanto à instalação do mesmo, logo, não foi levado em conta a opinião (aceitação ou rejeição) que os moradores da área faziam sobre a implantação do empreendimento naquele determinado local.

Acerca desse tipo de pesquisa, foi efetuado um estudo em São Paulo – SP, por Prieto (2006), concluiu que a gestão democrática da cidade, por meio da participação direta da população interessada, é um dos principais objetivos do Estatuto da Cidade. Essa diretriz garante esse princípio democrático também nas questões ambientais, especialmente, nas discussões de projetos e empreendimentos de relevante impacto sobre o meio ambiente e a qualidade de vida da população. Assim, todas as propostas de implantação de grandes empreendimentos ou atividades devem ser discutidas em audiências públicas com a população afetada e interessada, além de serem objeto de análise por meio do EIA e do EIV.

Os fatos verificados no presente estudo, não corroboram com o que foi afirmado pelo autor (PRIETO, 2006), uma vez que não foi efetivada a consulta com a população local quanto à implantação do empreendimento, o que não garantiu o princípio democrático da mesma. Isso resulta em incremento de vulnerabilidade, perigo e riscos ambientais e sociais nesse local.

OBSERVAÇÕES IN LOCO E ENTREVISTA INFORMAL CONTAMINAÇÃO DO SOLO DECORRENTE DE FALHAS NA ESTRUTURA FÍSICA DO PRC.

Em relação ao piso e ao sistema de drenagem para a caixa Separadora de Água e Óleo (SAO), a análise dos dados obtidos indicou que o PRC tem o piso impermeabilizado e não possui rachaduras. Em relação a presença do piso e sistema de drenagem para esse reservatório, Neves (2010), realizou

uma pesquisa em São Carlos – SP, foi indicado que o piso da pista de abastecimento deve ser impermeável e toda a área de abastecimento de veículos, inclusive onde os tanques são instalados deve ser construída de concreto usinado. A deterioração existente no piso das pistas de abastecimento, quase sempre, são reflexos do esforço imposto pela circulação de veículos no local. Nestas condições as tubulações e tanques subterrâneos estão sujeitos aos efeitos da vibração e da movimentação do solo, que podem gerar rupturas, principalmente nas conexões. A constituição e condição do piso é um fator importante, pois influencia na infiltração de combustível no solo, decorrente de vazamentos durante as operações de descarregamento ou de abastecimento.

No PRC objeto desse estudo foi verificado que a situação do local atribui ao posto uma característica favorável, uma vez que o piso foi construído de maneira correta evitando com que haja infiltração de contaminantes no solo, como também colabora para a não contaminação do solo e águas subterrâneas. Quanto a presença de canaletas para direcionar os efluentes líquidos para a caixa específica Os dados obtidos indicaram que não há, sobre as mesmas, não possuem grades de proteção, e tais canaletas estão instaladas fora da projeção da cobertura do PRC, logo, não tem caimento apropriado para o local de tratamento.

Em relação a essas canaletas e as proteções com grades, Burjouski (2013), efetuou um estudo na cidade de Campo Mourão - PR, e concluiu que canaleta de contenção deve ser executada sob a projeção da cobertura, uma vez que, a mesma tem função de conter derramamentos sob a pista de abastecimento e também receber os efluentes e direcioná-los para o sistema que separa fisicamente produtos imiscíveis com a água, além da correta instalação da canaleta de contenção instalada sobre o piso com caimento apropriado para o local de tratamento.

Todavia, no empreendimento objeto dessa pesquisa, essas condições não condizem com a situação ideal apresentada em Campo Mourão, pois, as instalações das mesmas não estavam nas condições descritas. Elas, além de estarem obstruídas por resíduos sólidos em alguns pontos, não estavam de forma adequada sob a projeção da cobertura e, dessa forma, direcionavam a água pluvial para a caixa SAO, o que não é correto. Também não possuem grades de proteção, o que deixa a área propensa a acidentes envolvendo motocicletas porque o pneu por ser estreito, pode entrar na canaleta e ficar preso nela. Além do mais, a ausência do caimento apropriado, possibilita a contaminação a todo instante.

VERIFICAÇÕES

CONTAMINAÇÃO DAS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Em relação ao processo de abastecimento de água, dos moradores da Rua Kalil Mutran, localizada na lateral esquerda do posto, a partir da Avenida Boa Esperança e com o observador de frente ao mesmo (Figura 8), os resultados mostraram que esse abastecimento é efetuado com o uso de água proveniente de poço do tipo amazonas (cacimba) e da rede pública Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Figura 8 - Rua Kalil Mutran. Núcleo Cidade Nova. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015).

Acerca desse tema, Forte *et al.* (2007), efetuaram estudo em Porto Velho – RO, e concluíram que os poços escavados do tipo “Amazonas” são as fontes de água da maioria da população, e nem sempre são construídos obedecendo a critérios técnicos, tornando a população usuária deste tipo de abastecimento vulnerável aos riscos de consumir água contaminada por combustíveis provenientes de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneos dos postos revendedores e distribuidoras, além de outros contaminantes.

Esses vazamentos podem acarretar sérios impactos ambientais devido à contaminação do solo e das águas subterrâneas, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos e seu uso para abastecimento. No presente estudo foi verificado que, quanto ao risco de ocorrência de estanque nos tanques de armazenamento de combustíveis do PRC, poderá ocorrer contaminação do lençol freático, o que prejudicará a qualidade da água utilizada pela circunvizinhança. Contudo, para que isso aconteça, há dependência da direção da pluma. Isso corrobora com os aspectos expostos no estudo realizado em Rondônia. Outra via de contaminação das águas pode ocorrer em caso de ruptura nas luvas da rede de abastecimento, o contaminante pode adentrar as tubulações e comprometer a qualidade da água que chega à encanação das residências.

RISCOS SOCIOAMBIENTAIS

Com os dados obtidos e analisados, observou-se que a população se sente vulnerável a ocorrência de assaltos e acidentes envolvendo automóveis ou a rede de energia elétrica com o PRC. Porém, não há preocupação quanto ao risco de ocorrer explosões seguidos de incêndios em decorrência de vazamentos e derreamentos possíveis de acontecer. Na pesquisa realizada em Francisco Beltrão -PR, por Palavecini *et al.* (2012) os dados obtidos indicaram que a potencial capacidade de gerar acidentes ambientais é justificada pelo fato de que todo vazamento de combustível pode contaminar corpos d'água subterrâneos ou superficiais, o solo e o ar, além dos riscos de incêndio e explosões decorrentes dos vazamentos. Nesses empreendimentos, os acidentes ambientais e vazamentos vêm aumentando principalmente por falta de manutenção adequada ou manutenção insuficiente, sistemas e equipamentos obsoletos, falta de treinamento aos empregados, ausência de sistemas adequados para detectar vazamentos e a insuficiente capacidade de reação aos acidentes ambientais.

Em caso de acidente no PRC, todos os que estiverem presente no entorno não saberão a maneira correta de como reagir a tal fato, evidenciando a falta de organização e responsabilidade

por parte dos proprietários em relação ao planejamento das ações a serem desencadeadas em situações emergenciais, pois é de grande relevância para a minimização dos danos, para a saúde humana e meio ambiente. O tempo de resposta, a eficiência das ações empregadas, a magnitude dos danos evitados e a disponibilidade dos recursos necessários são alguns dos parâmetros importantes para a avaliação da eficácia de um atendimento emergencial.

Conforme dados relatados pelos funcionários do PRC, o serviço desempenhado por eles são os de abastecimento de automóveis e a revenda de óleo lubrificante, não efetuando a troca no local. E que ao longo da jornada de trabalho ou após o expediente eles sentem enjoos e dores de cabeça. A exposição aguda ao tolueno decorrente da inalação pode causar fadiga, sonolência, dores de cabeça, náusea, confusão e falta de apetite. Esses sintomas geralmente desaparecem quando a exposição é interrompida. A inalação em níveis elevados em períodos curtos pode causar tonteira ou sonolência. Pode também causar perda da consciência e mesmo a morte. Níveis elevados podem também afetar os rins (BRASIL, 2010).

O mal-estar relatado por eles se deve a exposição direta a qual estão sujeitos, seja através dos vapores que podem ser inalados ou mesmo pelo contato direto. Assim como é consequência da intoxicação causada pelo Tolueno, utilizado como mistura presente na gasolina, a substância adentra as vias respiratórias e causa irritação, o que pode ser agravado durante o horário de pico de energia solar que se estende das 11h00minutos às 14h00minutos.

PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA COMUNIDADE DO ENTORNO AO PERÍGO DO PRC.

Os dados obtidos e analisados indicaram, quanto amostragem populacional envolvida nessa pesquisa, um total de 89 indivíduos, dos quais, 35 são moradores da área, 50 trabalham na área e residem em outro local e quatro são funcionários do PRC (Figura 9).

Figura 9 – Composição do público alvo objeto desse estudo. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015).

Em relação aos riscos ambientais associados ao PRC como, contaminação do solo, contaminação da água, incêndio ou explosão, ou ainda a não associam riscos ao empreendimento, 20 deles (16 trabalhadores da área; quatro moradores da mesma) foram enfáticos em afirmar de que não tem como associar a presença do posto revendedor de combustível com algum tipo de risco (Figura 10).

Figura 10 – Riscos ambientais associados ao PRC. Marabá – PA.

Legendas: CS – Contaminação do Solo; CA- Contaminação da água. I/E – Incêndios/explosões; NAR – Nenhum Risco Associado

Fonte: autores (2015).

A análise dos dados indicou também que, em relação a contaminação do solo, dos 89 indivíduos amostrados, apenas 12 (13,48%) dos moradores da área onde se localiza o empreendimento, temem um vazamento de combustível. Esse mesmo temor é compartilhado por 12 (14%) trabalhadores do entorno do PRC. Tais valores apresentam tendência de incremento quando se trata da contaminação da água, pois, 33 (37%) dos moradores da área relataram tal preocupação, que é compartilhado com 21 (23,59%). Acerca desse temor, em uma pesquisa pioneira realizada por Oliveira e Loureiro (1998) em Belo Horizonte – MG, os dados obtidos indicaram que, das possíveis fontes de extravasamento de petróleo no meio ambiente, os postos revendedores de combustíveis são os que mais preocupam, devido à dispersão deles e o volume de derivados de petróleo que armazenam. Logo, o temor dos 54 indivíduos amostrados no município de Marabá, deve ser aceito como um alerta às autoridades ambientais e de saúde.

Quanto ao principal risco associado ao PRC, ou seja, incêndio ou explosão, os dados obtidos e analisados indicaram que ambos os riscos são temidos pelos três grupos: moradores da área (33 = 37%); trabalhadores da área do entorno (27 = 30%) e que compõe o público entrevistado na pesquisa, sendo 37% dos moradores, 30% trabalhadores da área e 100 funcionários do PRC. Com relação a não associar risco, que foi a última resposta, onde 20 entrevistados, dentre estes 4 moradores da área e 16 trabalhadores da área, que resultam em 11,5% dos moradores da área entrevistados e 32% dos que trabalham no entorno, não associam nenhum risco ao posto. Pois as respostas são embasadas na falta de conhecimento da população, em relação aos riscos que o PRC oferece. Em sua maioria, a população agrega a possibilidade de explosão e incêndio ao manuseio de material inflamável e desconhecem as demais formas de ocorrer tal fato.

Na cidade de Guarulhos – SP, Gouveia e Nardocci (2007), efetuaram estudo acerca dos riscos que um PRC oferta, e concluíram que os acidentes em postos e sistemas retalhistas de combustíveis normalmente estão localizados em área urbana onde o subsolo é entrecortado de galerias com redes de diversos serviços públicos. Os produtos comercializados como gasolina e álcool são inflamáveis e voláteis e quando liberados podem resultar em incêndios e explosões, com danos graves imediatos à vida e saúde das pessoas. Esses cenários resultam ainda em contaminação do solo e água, e na exposição de pessoas aos vapores tóxicos. A presença do odor característico é também agravante, pois gera pânico na população e, em alguns casos, estresse a ponto de aumentar o registro de queixas de problema de saúde.

Vazamentos em postos de combustíveis provocam grandes problemas ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito a contaminação do solo e de águas subterrâneas. Porém, a maioria das pessoas desconhecem essas consequências, talvez por falta de conhecimento, como foi relatado por alguns e isso faz com que ao estarem expostas à água contaminada, via rede de abastecimento público ou de poços freáticos, por desconhecerem a vulnerabilidade a que estão sujeitos, não notem logo que ocorrer, e isto resultara em agravamento das consequências.

Os contaminantes BTEX são frequentemente encontrados em águas subterrâneas. Em função de muitos tanques terem muitos anos de uso, por isso a possibilidade de ocorrerem vazamentos é extremamente grande, principalmente pelo surgimento de rachaduras ou corrosão. As consequências dos vazamentos de combustíveis automotivos em postos estão associadas à possibilidade de incêndios e explosões, assim os danos imediatos à vida humana são graves, uma vez que é passivo de ocorrer a qualquer momento caso o empreendimento esteja operando com falhas.

CONCLUSÃO

O PRC oferece vulnerabilidade, risco e perigo à circunvizinhança do entorno do empreendimento, bem como aos funcionários do posto. O risco proporcionado ao meio socioambiental, é em decorrência da possibilidade vazamentos nos tanques de abastecimento que, ao ocorrer, contaminará o solo e a água subterrânea, ou até mesmo a rede de abastecimento pública. Os riscos socioambientais, se mostraram mais significativos e evidentes. O medo de assaltos, é um impacto social negativo resultante do funcionamento do posto, e é o mais ressaltado pela população.

A população desconhece os riscos e vulnerabilidades a que estão expostas, em virtude da instalação e funcionamento do posto, em função disto ela associa riscos, que na prática não são tão significantes, por ser rara a ocorrência dos mesmos. Bem como não há informação por parte dos mesmo sobre o Plano de Emergência do empreendimento na ocorrência de situações emergenciais.

Por fim, a localização do posto em locais de unidades de ocupação diversificadas, influencia na quantidade de pessoas expostas a riscos e vulnerabilidade. O ideal é que estes se localizem em lugares de fluxo reduzido de pessoas. A fim de enriquecimento da pesquisa, é necessária uma maior atenção quanto a este assunto, a partir do desenvolvimento de mais trabalhos nesta linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, Reino Unido, v. 16, p. 268-281, 2006.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13786**: Posto de serviço — Seleção dos equipamentos para sistemas para instalações subterrâneas de combustíveis. Rio de Janeiro, jun. 2005.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Resolução nº 41, de 05 de novembro de 2013. Regulamenta o exercício da atividade de revenda varejista de combustível automotivo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 nov. 2013.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre Prevenção e Controle da Poluição em Postos de Combustíveis e Serviços. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 2001.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação dos corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu enquadramento. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vigilância do câncer ocupacional e ambiental. Rio de Janeiro: INSTITUTO NACIONAL DO CANCER (INCA), 2010.

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho 2001. Lei do Estatuto da Cidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRITO JÚNIOR, A. F.; FERES JÚNIOR, N. A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos. **Evidência**, Araxá, MG, v. 7, n. 7, p. 237-250, 2011.

BURKOUSKI, P. **Estudo De Caso: Readequação E Reforma De Um Posto Revendedor Retalhista De Combustível Automotivo**. Campo Mourão (PR). 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Materiais de Construção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2011. Norma Técnica - P4.261 – Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/P4261-revisada.pdf> >. Acesso em: 05 nov. 2015.

COUTINHO, R. C. P.; GOMES, C. C. Técnicas para Remediação de Aquíferos Contaminados por Vazamentos de Derivados de Petróleo em Postos de Combustíveis. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 27. 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. p. 2.

CUNHA, I. A. Gerenciamento de Riscos Ambientais e a Política de Proteção dos Mananciais em São Paulo. **INTERFACEHS- Revista de Gestão Integrada em Saúde e Meio Ambiente**, São Paulo, v.3, n. 3, Artigo 4, 2008. Disponível em < www.interfacehs.sp.senac.br >. Acesso em: 09 dez. 2015.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais** [online], 93 | 2011. Disponível em <<http://rccs.revues.org/165;DOI:10.4000/rccs.165>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

DAGNINO, R. S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, 2007.

FARIAS, D. O. **Avaliação Quantitativa de Risco de uma Refinaria de Petróleo**. Recife. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2010.

FORTE, E. J. Contaminação de Aquífero por Hidrocarbonetos: Estudo de Caso na Vila Tupi, Porto Velho- Rondônia. **Quím. Nova** (online), v. 30, No. 7, 1359-1544, 2007. Disponível em http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1675. Acesso em: 05 nov. 2015.

GALLOPIN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, Santiago, v. 16, n.3, p. 293-303, 2006.

GREGORCZYK, G; PICCIONI, W. J. **Análise da Eficiência da Remediação por Sistema Extração multifásica em Postos de Combustíveis**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GOUVEIA, J. L. N.; NARDOCCI, A. C. Acidentes em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis: Subsídios para a Vigilância em Saúde Ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 3, 317-324, 2007.

HOUAISS. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Termo de Referência para o Licenciamento de Postos de Abastecimento em Operação. Brasília, 2007.

IELO, E. M.; ZACHARIAS, A. A. Avaliação das Áreas de Risco como Subsídio ao Planejamento Urbano. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27. 2014. Gramado- RS. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodesia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2014.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Environmental management systems – Requirements with guidance for use*, ISO 14001. Genebra, 2004.

JANCZURA, R. Risco ou vulnerabilidade social. **Textos & Contextos**. Porto Alegre, RS, v. 11, n. 2, p. 301-308, 2012.

KOBIYAMA, M. *et al.*, **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: *Organic Trading*, 2006.

LIMA, D. O.; COSTA JÚNIOR, F. A.; BACELAR NETO, N. **Análise de exposição a riscos dos frentistas em postos revendedores de combustíveis na cidade de Salvador**. 2008. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

MARABÁ. **Lei nº 17.213** de 09 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Marabá, cria o Conselho Gestor do Plano Diretor e dá outras providências. Marabá, 09 out. 2006.

MARANDOLA JÚNIOR. E.; HOGAN, D. J. As dimensões da Vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006a.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilities and risks in population and environment studies. **Population and Environment**, New York, v.28, 2006b.

MARANHÃO, D. TEIXEIRA, C. A.; TEIXEIRA, T. M. A. **Procedimentos de Investigação e Avaliação da Contaminação em Postos de Combustíveis, Utilizando Metodologias de Análise de Risco: Aplicação da ACBR em Estudo de Caso na RMS**. 2007. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Tecnologias Ambientais e Tecnologias) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

MARIANO, A. P. **Avaliação do Potencial de Biorremediação de Solos e de Águas Subterrâneas Contaminados com Óleo Diesel**. Rio Claro (SP). 2006. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006

NEVES, A. A. C. Estudo sobre resíduos sólidos em postos de combustíveis, funilarias e estabelecimentos de lavagem automotiva no município de São Carlos, visando indicadores de sustentabilidade. São Carlos. 2012. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PALAVECINI, A. C. *et al.*, Sistema de gestão Ambiental Simplificado: Um Estudo de Caso no Posto Modelo da Cidade de Francisco Beltrão- PR. In: Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Sociais e Aplicadas, 1. 2012. Francisco Beltrão- PR. **Anais...** Francisco Beltrão: UNIOESTE, 2012. p. 7.

PAULINO, E. T. Estudo De Impacto De Vizinhança: Alguns apontamentos a partir do caso de Londrina-PR. Presidente Prudente (SP). **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 33, p. 146- 169, 2011. Disponível em: < <http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/1931/1811>>. Acesso em: 20 nov. 2015

PELLETIER, P. Um Japão sem riscos? In: VEYRET, Y. (Org.) **Os Riscos:** o Homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 201-220.

PRIETO, E. C. O Estatuto da Cidade e o Meio Ambiente. In: IV Congresso Brasileiro de Direito Urbanístico, 4. 2006. **Anais...** São Paulo: Faculdade de Direito de São Paulo (USP) e Pontífice Universidade Católica (PUC/SP) 2006.

RESCHKE, K. S. S. **Estudos Microbiológicos Para Tratamento de Água Subterrânea de Áreas Contaminadas por Hidrocarbonetos.** São Leopoldo. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos- UNISINOS. São Leopoldo, 2012.

RIBEIRO, E. A. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. **Evidência.** Araxá, MG, n. 04, p.129-148, 2008.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social:** métodos e técnicas. 3. ed. 9. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2008.

RIELLI, G. **Análise preliminar de risco em postos revendedores de combustíveis da cidade de Curitiba.** Curitiba (PR). 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007;

ROSA, M. V. F. P. C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa:** mecanismos para a validação dos resultados. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

SANTOS, G. L. G. **Desenvolvimento e aplicação de método de dessorção química para determinação de BTEX em ar ambiente de postos de combustíveis utilizando cromatografia a gás.** 2014. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

SANTOS, R. J. S. **A Gestão Ambiental em Posto Revendedor de Combustíveis como Instrumento de Prevenção de Passivos Ambientais.** 2005. Dissertação (Mestrado em Sistemas De Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

SOUZA, C. P. **Avaliação e Valoração dos Impactos Ambientais no Processo de Operação de Postos Revendedores de Combustíveis.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, D. C. Breves Considerações Sobre o Licenciamento Ambiental. **Revista Jurídica da UniFil**, Ano VI, n. 6, 15 p, 2009.

SOUZA, D. C.; CARDOSO, S. L. M. Estudo Prévio de Impacto Ambiental. Maringá (PR). **Revista de Ciências Jurídicas**, v.7 n.1, p. 43-65, 2009.

TRENNEPOHL, C.; TRENNEPOHL, T. **Licenciamento Ambiental**. Niterói: Impetus, 2007.

TROVÃO, R. S. **Análise Ambiental de Solos e Águas Subterrâneas Contaminadas com Gasolina: Estudo de Caso no Município de Guarulhos- SP**. São Paulo, 2006. 224 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

VALENTIN, C. A. **Estudo da degradação de Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade de 2,5 m de espessura frente à Gasolina, Óleo Diesel e Álcool combustível**. São Carlos (SP). 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Química da São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008

VASCONCELOS, B. S. Áreas Contaminadas por Postos de Combustíveis e Medidas de Remediação no Município de São Bernardo do Campo. **Saúde e Meio Ambiente**, Mafra, v. 3, n. 1, p. 73-83, 2014.

VENANCIO, T. L.; VIDAL, C. M. de S. e MOISA, R. E. Avaliação da percepção da importância da gestão ambiental em postos de combustíveis localizados na cidade de Irati. **Ambiência- Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, PR, v. 4, n. 3, p. 397-417, 2008.

VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.) **Os Riscos: O Homem Como Agressor e Vítima do Meio Ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

VIEIRA, A. B. Estudo de Impacto de Vizinhança. Caxias do Sul (RS). **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 2, n. 1, p. 347-360, 2012.

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
antonio.junior@uepa.br

Larissa Passos Brandão
Engenheira Ambiental.
randaoaryssa@gmail.com

Sandreane dos Santos Ribeiro
Engenheira Ambiental
sandreaner@gmail.com

**AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 5 -**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO E AS ALTERAÇÕES
SOCIOAMBIENTAIS OCORRIDAS À MARGEM DIREITA DO RIO
ITACAIÚNAS, APÓS A DUPLICAÇÃO DA PONTE DE CONCRETO NA BR-
230, MARABÁ-PA**

Milena Cristina Dias Barros e Antônio Pereira Júnior

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-05

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas terrestres têm como base de sustentação o solo, que, além de servir de suporte para as raízes, desempenha funções essenciais para a funcionalidade e sustentabilidade dos mesmos. Por isso, o bom funcionamento deste recurso é essencial para os processos vitais à manutenção do planeta, como a reciclagem de elementos químicos, a regulação do fluxo hídrico e de energia, o armazenamento de carbono e emissão de gases e a manutenção e diversidade da fauna e flora (SIQUEIRA *et al.*, 2008).

O solo possui as funções de armazenar e purificar a água, promover a biodegradação de poluentes, restaurar e aumentar a resiliência dos ecossistemas e promover a ciclagem de elementos químicos como carbono, nutrientes e metais pesados. Pela fundamental importância deste recurso natural, aumenta-se cada vez mais o interesse em estudos sobre a qualidade do solo (QS), considerada como um requisito fundamental para o equilíbrio e manutenção dos ecossistemas, já que suas implicações não se restringem somente ao ambiente solo, mas se estendem à hidrosfera, atmosfera e biosfera, atuando na qualidade da água, do ar e na biodiversidade (VEZZANI *et al.*, 2008).

Considera-se a qualidade do solo como o grau em que o mesmo pode: (I) promover atividade biológica (plantas, animais e microorganismos); (II) mediar o fluxo de água; (III) manter a qualidade do ambiente, agindo como um tampão e assimilando resíduos orgânicos e outros. Ou seja, é a capacidade do solo de exercer suas funções na natureza para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (AQUINO, 2005; ARAÚJO, 2005).

A avaliação da qualidade do solo é realizada por intermédio da mensuração de indicadores, que, em geral medem a perturbação do ambiente através de alterações na diversidade, abundância e composição de seus grupos. Tais indicadores são classificados geralmente em: físicos (textura, o tipo de argila, a profundidade do substrato e a classe de drenagem), químicos (pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions) e biológicos (a massa microbiológica, o nível de respiração do solo e, principalmente a diversidade da fauna edáfica) (ARAÚJO, *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2007; PEREIRA JÚNIOR, 2011; VICENTE *et al.*, 2010).

Mesmo sendo clara a importância do solo na manutenção dos ecossistemas, o uso intensivo e inadequado das diversas áreas exploradas tem contribuído para o declínio considerável da fertilidade natural deste recurso. Esse manejo inadequado tem contribuído para o processo de degradação da matéria orgânica, causando perdas de algumas propriedades físicas, químicas e biológicas, acelerando a erosão e diminuindo o potencial produtivo (CORDEIRO *et al.*, 2004).

No município de Marabá, sudeste do Estado do Pará, esta realidade não é diferente de outros municípios, pois ele tem apresentado um acentuado índice de crescimento urbano motivado tanto pela localização geográfica estratégica, quanto pela dinâmica de relações econômicas que configuram as atividades de extrativismo, da agropecuária, da indústria e comércio da região (DNIT, PCA, 2009).

Este crescimento gerou a necessidade de manter, ao longo dos anos, investimentos intensos em infraestrutura urbana. Dentro deste grupo encontra-se a duplicação da Rodovia Transamazônica

(BR-230), incluindo a duplicação da ponte Rio Itacaiúnas, objeto deste estudo, que, como toda atividade antrópica, deve ter provocado alterações no ambiente em que foi inserida.

Neste contexto objetivou-se a avaliação e discussão da qualidade do solo após a obra de infraestrutura da duplicação da ponte sobre o Rio Itacaiúnas, no município de Marabá, Pará, principalmente sobre a instalação das unidades de apoio à obra, utilizando a fauna edáfica coletada na área como indicadora da qualidade do solo e das alterações nele ocorridas.

REFERENCIAL TEÓRICO

COMUNIDADE VILA SOCÓ - HISTÓRICO

A pequena comunidade da Vila Socó localizava-se no município de Marabá, entre os núcleos Marabá Pioneira e Cidade Nova, às margens do rio Itacaiúnas e da Rodovia Transamazônica, mas especificamente na margem direita do rio e a jusante da ponte do Rio Itacaiúnas (RIBEIRO, 2009a). O vilarejo existia a mais de 30 anos, e abrigava aproximadamente 107 famílias de baixa renda (Figura 1a), que ocupavam casas de madeira em geral (Figura 1b).

Figura 1 – a) Vista frontal da Vila Socó; b) os barracos de madeira. Vila Socó. Marabá - PA.

Fonte: Jornal Opinião (2009).

Economicamente, a principal atividade da comunidade era a olaria artesanal, a qual se limitava ao período de estiagem, pois, quando começam as chuvas e, especialmente com o aumento do nível do rio, geralmente entre os meses de novembro a abril, a atividade ficava paralisada, então as pessoas tentavam sobreviver da pesca que mal dava para suprir a alimentação. A olaria rendia cerca de R\$ 400,00 por mês às famílias que não recebiam nenhum tipo de benefício social e nem ajuda por parte de entidades civis e religiosas (SOUSA, S., 2009).

De acordo com notícias de jornais e revistas do período (O Liberal, Correio do Tocantins, Opinião, Revista Foco Carajás) do auge da problemática de desapropriação para a obra de duplicação da ponte do Rio Itacaiúnas (dos anos de 2009 e 2010), a maior queixa dos moradores era da falta de políticas públicas na comunidade. Além disso, nenhuma rua do vilarejo tinha asfalto ou saneamento, muito menos água encanada.

Na pequena vila havia uma escola que atendia crianças até a segunda série do Ensino Fundamental. Já os demais alunos precisavam deslocar-se até os bairros vizinhos, que não ficavam tão próximos assim. A escola contava com um poço do qual a comunidade retirava água para tarefas domésticas de higiene e limpeza. No entanto, para beber e cozinhar, eles eram obrigados a buscar o líquido na Marabá Pioneira (RIBEIRO, 2009b).

Outra dificuldade na vila era quanto ao transporte urbano, pois os pontos de ônibus mais próximos ficavam na entrada da Marabá Pioneira ou após a ponte do Rio Itacaiúnas. Além dessa desvantagem, os moradores cujas casas ficavam ao lado da rodovia temiam por um desabamento do barranco ou que algum carro saísse da pista e caísse sobre as residências (SOUSA, E., 2009).

Devido à obra de duplicação da ponte sobre o rio Itacaiúnas, realizada com recursos da União, a chamada Vila Socó, teve de ser desativada para dar lugar à grande obra de infraestrutura (Figura 2a). Na época houve resistência, e muita polêmica em torno do remanejamento dessas famílias (Figura 2b) que alegavam não ter outro local onde pudessem desenvolver suas atividades. De acordo com o Plano de Controle Ambiental da obra (DNIT, 2009) as famílias começaram a ser deslocadas involuntariamente em 2009.

Figura 2 – a) Infraestrutura do empreendimento; b) Remoção das famílias residentes na área do empreendimento.

Fonte: DNIT (2009).

A remoção das famílias residentes na extinta Vila Socó foi uma grande problemática que durou muitos meses e envolveu o Ministério Público. No início, as famílias queriam indenização além de serem deslocadas para outros locais, no entanto, a prefeitura afirmava não ter condições financeiras de realizar tal pagamento.

Em outra ocasião, a prefeitura tentou um acordo para que as famílias fossem transferidas para casas alugadas, até a construção de novas habitações na época. De acordo com uma reportagem do Jornal Opinião, publicada em 14 de abril de 2009, houve a celebração de um acordo intermediado pelo Ministério Público, onde foi acordado que a prefeitura do município de Marabá iria indenizar as casas pelo valor de R\$ 25.000,00 (vinte e cinco mil reais) cada uma, além da compra de equipamentos para a que a produção de telhas e tijolos fosse feita de forma industrializada, e não mais artesanal, que provavelmente passaria a ser desenvolvida em outro local predeterminado. O equipamento ficou avaliado em R\$ 1.050,00 milhão. Além disso, a prefeitura assumiu o compromisso quanto a aquisição da produção total dos oleiros (SANTOS, 2009).

O Plano de Controle Ambiental da obra (DNIT, 2009), afirma que parte os moradores da vila foram remanejados para casas construídas pela Prefeitura Municipal (Figura 3), no entanto este mesmo documento não informa a localidade dessas construções.

Figura 3 – Casas construídas pela Prefeitura de Marabá – PA.

Fonte: DNIT (2009).

As informações mais recentes sobre esta situação, obtidas no jornal local *Opinião*, afirmam que os oleiros remanejados da antiga Vila Socó, desmotivados pela espera no cumprimento do acordo celebrado entre a comunidade e a Prefeitura Municipal com interveniência do Ministério Público Estadual (MPE), pretendiam uma nova situação. No lugar da verba para os maquinários que seriam usados na industrialização da argila, os “profissionais do barro” queriam a criação de um Parque Ambiental Municipal (PAM) a ser implantado na mesma área da antiga olaria, no aterro que dá acesso para a Marabá Pioneira.

Ainda de acordo com essa reportagem o Parque Ambiental seria criado pela Companhia Vale do Rio Doce (VALE), como já ocorreu em Paragominas e Parauapebas, e teria como meta principal a revitalização da área da antiga olaria, seriamente prejudicada pelos vários anos da exploração indiscriminada da argila, para a produção de telhas e tijolos de forma artesanal. A ideia é desenvolver atividades de preservação de espécies ameaçadas de extinção como tracajás, sursoris, antas, jacarés, capivaras, pássaros que têm naquele local seu *habitat* natural, entre outros animais.

O Senhor Edson Feitosa, presidente do Fundo Florestal da Amazônia, uma Organização Não Governamental (ONG) criada especificamente para defender os direitos dos oleiros, informou à redação do Jornal *OPINIÃO* que o projeto já foi aprovado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e conta com o apoio do biólogo Noé Von Natzingen, presidente da Fundação Casa da Cultura, instituição bastante conceituada e de influência no município. Até o momento a criação deste Parque Ambiental não foi decretada, no entanto, o projeto já coletou mais de 1000 (mil) assinaturas e ainda está sujeito à aprovação pelos órgãos públicos responsáveis, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e a Câmara de Vereadores, por exemplo.

QUALIDADE DO SOLO

A grande maioria dos estudos já realizados sobre qualidade do solo (ARAÚJO *et al.*, 2007; CASALINHO, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; D’ ANDRÉA *et al.*, 2002; FERREIRA, 2005; MERLIM, 2005) admitem que não existe consenso com relação ao conceito deste tema devido suas múltiplas definições, no entanto é unânime que todos os estudos relevantes destacam o conceito da QS para Doran, Parkin (1994):

Como a capacidade que um determinado tipo de solo apresenta, em ecossistemas naturais ou agrícolas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas

e de habitação humana (ARAÚJO *et al.*, 2007; CASALINHO, 2007; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; D' ANDRÉA *et al.*, 2002; FERREIRA, 2005; MERLIM, 2005; VEZZANI, *et al.*, 2008).

Outras definições para a qualidade do solo: (I) capacidade de funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano; (II) a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com o meio ambiente externo daquele ecossistema; (III) capacidade do solo de sustentar a diversidade biológica, regular o fluxo de água e solutos, degradar e imobilizar compostos orgânicos e inorgânicos e atuar na ciclagem de nutrientes e outros elementos (NEVES JÚNIOR, 2008; OLIVEIRA, 2013; PEREIRA JÚNIOR, 2011; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

O interesse no estudo sobre a qualidade do solo (QS) aumentou consideravelmente na década de 90, época em que também surgiu seu conceito nas literaturas especializadas. A qualidade do solo é definida como a capacidade deste de funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (ARAÚJO, 2005).

Um determinado tipo de solo pode ser considerado com boa qualidade quando apresentar a capacidade, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de manter a produtividade e a biodiversidade vegetal e animal, melhorar a qualidade do ar e da água e contribuir para a habitação e a saúde humana (CASALINHO, 2007).

No que diz respeito à avaliação da qualidade do solo, ainda não existe um método prático e confiável para estimar a qualidade do solo, porém, mudanças na QS têm sido avaliadas por intermédio da mensuração de indicadores apropriados e pela sua comparação com valores desejáveis (limite crítico) em diferentes intervalos de tempo, para um fim específico em ecossistemas agrícolas, florestais e pecuários (ARAÚJO *et al.*, 2012).

INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Indicadores da qualidade do solo podem ser classificados, em três grupos: físicos, químicos e biológicos (BERTINI, 2010; CONCEIÇÃO, 2005; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Pode-se ainda acrescentar mais um grupo a esses três tipos: os indicadores visuais. São aqueles obtidos a partir de observações ou interpretação de fotografias aéreas, ou através de observações diretas. Mudanças na cor do solo, acúmulo de água e enxurradas são exemplos desse grupo, e, indicam claramente se a qualidade do solo está ameaçada ou passando por alterações (SANTANA; BAHIA FILHO, 1999).

A identificação dos indicadores para a qualidade do solo (QS) apresenta grande importância porque essa qualidade é fortemente influenciada pelos processos mediados por indicadores biológicos, físicos e químicos que promovem: ciclagem de nutrientes, capacidade nutricional, estabilidade aos agregados do solo, fatores estes que proporcionam a sustentação da produtividade e a promoção da saúde vegetal e ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2007; CASALINHO 2007; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Atualmente, há uma tendência de agrupar os indicadores físicos, químicos e biológicos para gerar um indicador geral da qualidade do solo (*General Indicator of Soil Quality - GISQ*). Os cinco subindicadores que embasam o GISQ são: composição da macrofauna do solo; propriedades físicas do solo; fertilidade química do solo; morfologia do solo e estado dos níveis orgânicos do solo. O uso dessa metodologia indica que, quanto melhor for a qualidade do solo, mais serviços por ele serão prestados ao ecossistema (PEREIRA JUNIOR, 2011).

FÍSICOS

A análise física e a descrição de caracteres morfológicos do solo possuem elevada importância para a avaliação do solo e definição do manejo a ser adotado, sendo, bastante recomendável para

avaliar e entender o complexo de fatores que cercam o vegetal no interior do solo. Do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos estabelecem relações fundamentais com os processos hidrológicos, como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES; FILIZOLA, 2006).

Os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo. Inclui densidade, textura, o tipo de argila, a profundidade do substrato, resistência à penetração, espessura, profundidade de enraizamento, compactação, condutividade hidráulica e a classe de drenagem (OLIVEIRA, 2013; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Para efeito deste trabalho será dada ênfase à classificação textural.

A granulometria relaciona a proporção existente em relação ao tamanho da partícula da fração ativa, permitindo obter a classe textural do solo. Para efeitos de classificação relaciona-se o solo pelos diferentes diâmetros de suas partículas: quanto à fração grosseira (matacão, calhau e cascalho) e, fração fina (areia grossa, areia fina, silte e argila). Nos solos que predominam frações menores em relação à fração grosseira, distinguem-se apenas três frações: areias, silte e argila (SILVA, 2003).

Ainda de acordo com este autor as diversas proporções entre estes três componentes anteriormente citados influenciam marcadamente na retenção de água e nutrientes e, originam a classificação textural, que é obtida através das percentagens de areia, silte e argila. Exemplos dessas classes são: franco argiloso, franco arenoso, argilo arenoso, franco siltoso, franco argilo siltoso, argilo arenoso, dentre outros.

De maneira geral solos arenosos possuem uma baixa capacidade de retenção de água e podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas, devido a sua baixa capacidade de retenção de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), que são facilmente perdidos por lixiviação, resultando em um solo estéril. Já os solos argilosos apresentam maior capacidade de retenção catiônica, porque o conteúdo de argila é positivamente correlacionado com a matéria orgânica e, porque a fração argila também retém os cátions, independentemente de seu conteúdo de matéria orgânica (FEARNSIDE; LEAL FILHO, 2001).

QUÍMICOS

O pH, salinidade, capacidade de troca de cátions, matéria orgânica, concentrações de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos, etc.) são considerados indicadores químicos. As condições químicas do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, o poder tampão, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos (ARAÚJO *et al.*, 2012). Dentre os indicadores químicos citados anteriormente, e os que estão envolvidos com a fertilidade do solo destacam-se:

1. Potencial hidrogeniônico (pH): é afetado por fatores como clima, vegetação e material de origem do solo. Há predominância de alumínio, que é solúvel em meio ácido e, em reação com a água (hidrólise), produz cátions H^+ (BASTOS, 2008; KIEHL, 1979; PEREIRA JÚNIOR, 2011). A Amazônia apresenta solos ácidos com pH entre 4 e 6,5, mas esta faixa se difere da que atualmente é considerada adequada para o desenvolvimento de diversas culturas cultivadas na Amazônia, sendo esta entre 5,5 e 6,5. Promove-se nessa faixa disponibilidade de macronutrientes e de micronutrientes, como o ferro, cobre manganês e zinco, que são menos exigidos pelos vegetais e estão presentes nesta faixa sugerida (SILVA, 2003; SILVA *et al.*, 2006).

2. Matéria orgânica (MO): refere-se a todo material orgânico contido no solo, incluindo a serrapilheira, a biomassa microbiana, substâncias orgânicas solúveis em água e a matéria orgânica estabilizada, ou seja, os húmus (CASTRO, 2008; LONGO; ESPÍNDOLA, 2000). Exerce um papel importante no solo, pois sua presença propicia a melhoria da estrutura e aeração (solo friável e poroso), e é responsável também pelo aumento da retenção de umidade. Também participa ativamente na reação da capacidade de troca catiônica, pois quanto maior o teor de MO e de argila, maior será a

reação da CTC o que favorece a fertilidade do solo porque poderá ocorrer maior absorção de nutrientes catiônicos pelas plantas. (ARAÚJO *et al.*, 2012; BELIZÁRIO, 2008).

O carbono orgânico é o elemento fundamental na determinação da relação C/N, a qual informa o estado de decomposição da matéria orgânica decorrente da ação microbiana. Assim, relações de baixo valor (em torno de 10) indicam avançado estágio de decomposição de MO, e valores altos (em torno de 30) indicam baixa atividades microbianas (MACHADO, 2001). Em condições normais o valor desta relação situa-se entre oito e 14 (PEIXOTO, 2008; SILVA, 2003).

3. A Capacidade de Troca de Cátions (CTC): como, por exemplo, K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , NH_4^{+1} , H^{+1} e Al^{+3} , é um mecanismo importante para retenção e fornecimento nutricional às plantas, além de atuar na adsorção de contaminantes. Em solos arenosos a capacidade de adsorção é baixa, devido à baixa reação da CTC, o que já não ocorre em solos argilosos. A CTC é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas (CARVALHO *et al.*, 2007).

Além destes, existem os indicadores químicos ligados à necessidade nutricional (Ca, Mg, Na, N, P, K), podem ter seus valores alterados através do manejo inadequado do solo, o que pode comprometer a QS e consequentemente a manutenção da produção vegetal (PEREIRA JÚNIOR, 2011).

BIOLÓGICOS

Os indicadores biológicos, ao contrário dos físicos e químicos, apresentam alta capacidade para demonstrar mudanças na qualidade do solo porque os microrganismos respondem rapidamente a estas mudanças. Um dos indicadores biológicos da QS é a microbiota contida no solo (ARAÚJO *et al.*, 2012). A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e representa menos que 10 % da matéria orgânica. Este componente biológico consiste principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Em síntese, os tipos de indicadores do solo quanto a sua origem física, química ou biológica (Tabela 1), permitem análises ambientais que determinam alterações ocorridas no solo, e assim, exercer a monitoração e avaliação da qualidade do solo.

Tabela 1 - Principais tipos de indicadores da qualidade do solo e suas relações com o mesmo.

Indicadores	Relação com a qualidade do solo
FÍSICOS	
Estrutura do solo	Retenção de água e nutrientes.
Infiltração e densidade aparente	Movimento de água e porosidade do solo.
Capacidade de retenção de umidade	Armazenamento e disponibilidade de água.
QUÍMICOS	
pH	Atividade biológica e disponibilidade de nutrientes.
Condutividade elétrica	Crescimento vegetal e atividade microbiana.
Conteúdo de N, P e K.	Disponibilidade de nutrientes para as plantas.
BIOLÓGICOS	
Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes.
Mineralização de nutrientes (N, P e S)	Produtividade do solo e potencial de suprimento de nutrientes.
Respiração do solo	Atividade microbiana.
Fixação biológica do N ₂ (FBN)	Potencial de suprimento de N para as plantas.
Atividade enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica no solo.

Fonte: Araújo e Monteiro (2007).

PEDOFAUNA

Pedofauna ou Fauna do solo é o termo utilizado para referenciar à comunidade de invertebrados que vive permanentemente ou que passa um ou mais fases de desenvolvimento no solo, e uma das características diferenciais entre eles, é o fato de que variam muito em tamanho, diâmetro e na sua capacidade de deslocamento. Isso permite adaptações a extensão em que sua atividade ocorre, seja para alimentação e/ou escavação, ambas modificadoras das propriedades do solo, ciclagem dos nutrientes, e também a amplitude em que podem ser influenciados pelo manejo do solo (AQUINO, 2005; AQUINO; CORREIA, 2005; CORREIA; OLIVEIRA, 2006). De acordo com o tamanho e o local que ocupam no solo são classificados em micro, meso e macrofauna (Figura 4).

Fonte: Aquino e Correa (2005)

As minhocas são os principais representantes da macrofauna por serem importantes no ciclo de nutrientes, relacionadas à decomposição do material vegetal, e distribuição de nutrientes no solo, disponibilizando-os para a absorção pelas plantas. Outros animais da macrofauna como as térmitas (baratas, cupins) e as formigas são conhecidos como “engenheiros do solo” que, por se movimentarem no perfil do solo, modificam a estrutura do mesmo, e promovem a predação de outros invertebrados. Por isso também são considerados excelentes bioindicadores de distúrbios no ambiente (FREITAS, 2007; SILVA *et al.*, 2006).

Dentro do grupo dos insetos, os mais importantes são as formigas, as térmitas, os coleópteros e os colêmbolos. Esses animais são responsáveis principalmente pelo transporte de grande quantidade

de subsolo para a superfície (pela construção de seus ninhos), e também por serem agentes na fragmentação de material orgânico e sua mistura com o solo (DUCATTI, 2002).

Alguns macroinvertebrados podem ser relacionados com as indicações mais prováveis que justificam a presença desses organismos no solo e caracterizam-nos como indicadores da qualidade do mesmo (Tabela 2).

Tabela 2 – Alguns grupos de macroinvertebrados edáficos seus indicativos como indicadores de qualidade do solo.

Grupo de macroinvertebrados	Tipo de indicação
Minhocas (Oligochaeta)	Poluição do solo (pesticidas e metais pesados); compactação; teor de matéria orgânica do solo e condições hídricas do solo.
Aranhas (Arachnida: Araneae), especialmente das famílias (Hahniidae, Liocranidae, Mysmenidae, Oonopidae e Theridiidae).	Qualidade biológica de um habitat; poluição do solo por metais pesados; evolução e estabilidade de diferentes biótipos e umidade do solo.
Isópodes (Isopoda)	Poluição por metais pesados; presença de pesticidas no solo; simplificação da estrutura do habitat e perturbação mecânica do solo (estrutura do solo).
Coleópteros (Coleoptera) (Carabidae Staphylinidae)	Fertilizantes (N, P e K) e pesticidas; indicadores do impacto de cultivos; perturbação da estrutura do solo; estrutura da paisagem; indicadores de umidade e poluição por metais pesados.
Diplópodes (Diplopoda)	Umidade do habitat, produtividade vegetal (biomassa) e biodisponibilidade de P ₂ O ₅ .
Cupins (Isoptera)	Indicador de áreas perturbadas (hábito sedentário); sensíveis indicadores da contaminação e da degradação ambiental (resposta à qualidade de recursos disponíveis).
Formigas (Hymenoptera)	Sistemas de culturas mais duráveis; modificação da paisagem; exploração industrial e a reabilitação do solo; qualidade e integridade do habitat; perturbações (queima) e mudanças no ambiente.

Fonte: Baretta (2007).

Além da classificação com base nas dimensões corporais, a fauna do solo pode, também, ser classificada com base em aspectos funcionais. A função dos invertebrados no solo depende principalmente de seus hábitos alimentares, de sua mobilidade e da posição que ocupam no espaço. A divisão dos grupos funcionais pode ser feita em saprófagos, micrófagos, predadores, insetos sociais e fitófagos. Com efeito, pelo hábito alimentar é possível avaliar as relações existentes entre os diferentes organismos e estimar sua influência nas características do solo (MOÇO, 2006).

A fauna do solo além de ser um agente é também um reflexo das condições do solo, pois a estrutura dos agregados, a quantidade de poros, umidade, teor de matéria orgânica, o teor de nutrientes, determinam quais os grupos de organismos estarão presentes em determinado solo e em qual quantidade. Desta forma mudanças na abundância relativa e na diversidade de espécies de organismos do solo constituem um bom indicador de mudanças no sistema (FREITAS, 2007; LOURENTE *et al.*, 2007).

A captura da fauna edáfica é realizada normalmente pela técnica de coleta de armadilhas de interceptação e queda (*Pitfall traps*), que são recipientes enterrados no solo. Essas armadilhas são utilizadas para capturar os invertebrados tanto da meso, quanto da macrofauna que atuam na interface solo-serapilheira. Esse método pode dar uma indicação da atividade da fauna epígea, ou seja, dos

componentes que atuam, principalmente na superfície do solo, tendo um caráter mais qualitativo que quantitativo (AQUINO; CORREIA, 2005; AQUINO *et al.*, 2006b;).

Tudo o que foi afirmado demonstra a importância desses organismos na manutenção da ciclagem de nutrientes e na decomposição nos ecossistemas de modo a favorecer a incorporação da matéria orgânica. No entanto, esta fauna está sendo afetada por vários fatores, sejam naturais ou, principalmente antrópicos. No caso dos fatores naturais diz respeito às variações sazonais na estrutura das comunidades ou qualquer outra variação que implique na modificação da biodiversidade vegetal e o estado de decomposição dos resíduos vegetais (MACEDO, 2004).

Sobre os fatores antrópicos ressalta-se que de modo geral os organismos do solo são afetados, principalmente, por quatro mais frequentes: (1) Compactação e seus efeitos na porosidade, na circulação de água e de ar, e na mobilidade dos organismos no espaço poroso; (2) Profundidade de aração, que causa inversão de distribuição da fauna, o deslocamento de resíduos de plantas e mudanças nas condições de crescimento microbiano; (3) Diminuição da qualidade e da quantidade de material orgânico e redução no abrigo ou locais para oviposição, tendendo a reduzir a diversidade de espécies e a população total de organismos; (4) Destruição do revestimento vegetal do terreno, que causa flutuações microclimáticas e expõe os organismos aos excessos de temperatura do ar, pela exposição ao sol, a ciclos de umedecimento e secagem (estresse hídrico e inundação) e ao fogo (DUCATTI, 2002).

Todos esses fatores antrópicos irão implicar na perda da fauna do solo, no progressivo esgotamento do teor de matéria orgânica, deterioração estrutural do solo, esgotamento de nutrientes, redução na estabilidade da comunidade biológica, e, na diminuição da porosidade biológica do solo, ou seja, menor infiltração de água, maior erosão superficial, menor transferência de argila, maior acúmulo de areia residual, menor percolação de água, e, menor velocidade de formação dos solos (ANDRADE, 2000; CORREIA, 2002).

Por tudo isso não se tem mais dúvidas sobre a importância dos invertebrados como agentes transformadores das condições físicas químicas e biológicas do solo. A atividade alimentar destes organismos está intimamente associada aos processos de decomposição (através da fragmentação da serrapilheira), regulação de populações microbianas, ciclagem de nutrientes e a regulação dos processos biológicos, que são de fundamental importância para a manutenção da produtividade do ecossistema (CORREIA; OLIVEIRA, 2006).

CANTEIRO DE OBRAS

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR) 18, canteiros de obras são áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, ou seja, são áreas de trabalho fixas e temporárias, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra (NR 18, 1978). Outra definição é estabelecida na Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 1367/91 como áreas destinadas a execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção e divide-se em áreas operacionais e áreas de vivência. As áreas operacionais são aquelas onde se desenvolvem atividades de trabalho ligadas diretamente à produção, enquanto que as áreas de vivência são aquelas destinadas a suprir as necessidades humanas básicas como alimentação, higiene pessoal, descanso, lazer, convivência e ambulatoriais, e, por isso devem ficar fisicamente separadas (ABNT, 1991).

O canteiro da obra deve ser dimensionado e executado levando-se em consideração as proporções e as características da mesma, por isso, os projetos das instalações dependem do tamanho da obra, do volume de material a ser armazenado, do número de funcionários, e dos períodos em que, tanto mão de obra, quanto material deverá estar na obra (SANEPAR, 2012).

Ainda que cada canteiro tenha suas especificidades de acordo com o empreendimento, existem normas brasileiras que regulamentam diretrizes de planejamento e organização para a instalação dessas áreas. Em síntese, o local para implantação do canteiro de obras deve ser preferencialmente em áreas planas, procurando evitar grandes movimentos de terra, de fácil acesso, livre de inundações, ventilado e com insolação adequada (ABNT, 1991). A obra de duplicação da

ponte sobre o rio Itacaiúnas apresentava um canteiro de obras de apoio (Figura 5), localizado na margem direita do rio Itacaiúnas, sob as coordenadas UTM 22M 9.407.842 (N) e 708.164 (E).

Figura 5 - Canteiro de obras de apoio construído à margem direita do rio Itacaiunas. Marabá – PA.

Fonte: DNIT (2009)

Tal empreendimento ocupava uma área total de 9.800m², sendo apenas 727,4m² de área construída que incluía escritórios, refeitório (sem preparação de alimentos), bebedouro, almoxarifado, ferramentaria (Figura 6a), banheiro/vestiário, laboratório, central de armação, central de forma, depósito de cimento, central de concreto, poço, um tanque séptico para armazenamento temporário dos efluentes provenientes dos banheiros, e uma caixa d'água (CMT ENGENHARIA, PCA, s/d). A ferramentaria foi instalada abaixo da ponte antiga (Figura 6b).

Figura 6 – a) Área de ferramentaria com as bancadas em funcionamento; b) localização sob a ponte de concreto.

Fonte: DNIT (2009)

Outros aspectos evidenciados no canteiro de obras, foram a presença de um poço (Figura 7a) e o tanque sépticos provisórios (Figura 7b). O objetivo foi atender as necessidades básicas dos

profissionais que ali atuaram, além de minimizar impactos ambientais que a ausência desses aspectos causaria.

Figura 7 – a) Fossa séptica instalada no canteiro de apoio; b) Fossa séptica instalada no canteiro de apoio. Marabá – PA.

Fonte: DNIT (2009)

A área livre restante era usada para estacionamento, movimentação de veículos, e entrada e saída para disposição de equipamentos pesados utilizados principalmente na etapa de fundação da obra. Diariamente circulavam 250 funcionários, em uma jornada de 10 horas de trabalho diária, sendo que deste total, em torno de 30 pessoas trabalhavam nos escritórios e o restante nas frentes de serviço da obra.

Parte das atividades administrativas da obra funcionava dentro do canteiro, que contava com salas apropriadas para atender a seção técnica e superintendência. As outras tarefas como as de oficina, abastecimento de combustível e lava-jato foram executadas no canteiro central localizado a uma distância considerável do local da duplicação (CMT ENGENHARIA, PGRS, s/d).

CENTRAL DE CONCRETO

A central de concreto instalada no canteiro de obras em estudo possuía apenas um silo de armazenamento de cimento com capacidade para 100m³ (Figura 8). Logo abaixo desse silo estava uma balança para cimento e bem próximo dela a mangueira que insere água dentro da betoneira.

Figura 8 – Central de concreto instalada no canteiro de apoio

Fonte: DNIT, 2009

Local de armazenamento dos agregados (bandeja), como areia e brita possui um compartimento para britas com granulometria distintas, assim como tipos distintos de areia. Abaixo dessa bandeja está localizada a balança de agregados. Além disso, a central de concreto possuía ainda duas esteiras transportadoras de agregados, que transportam os mesmos para o caminhão e por fim para uma cabine de operação e controle de produção (CMT ENGENHARIA, PCA, s/d).

A instalação desta central de concreto foi realizada com o objetivo de fornecer o concreto que seria utilizado na obra, dessa forma, havia grande emissão de particulados provenientes dessa atividade. Sobre isso, no Plano de Controle Ambiental (PCA) a empresa CMT Engenharia, responsável pela obra, se comprometeu em realizar aspersão diária de água no pátio do canteiro, principalmente nos horários considerados críticos.

Ainda no PCA apresentado ao órgão responsável pela liberação da licença ambiental para o canteiro de obras, a CMT Engenharia também se comprometeu em realizar a manutenção da central de concreto, para garantir o bom funcionamento e aumento da vida útil, bem como respeitar os prazos de troca do Filtro Manga para aumentar a eficiência do sistema de retenção de partículas e impedir a emissão de partículas acima dos níveis estabelecidos na legislação.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (LEI Nº 6.938/1981)

Criada em 31 de agosto de 1981 a Lei Federal Nº. 6.938, já alterada pela Lei nº 7.804/89, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), suas finalidades, mecanismos de formulação, aplicação e dá outras providências. Com o objetivo de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental do país através do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), a PNMA cria o Conselho Superior do Meio Ambiente – CSMA, e também institui o Cadastro de Defesa Ambiental (BRASIL, 1981).

Como toda política a PNMA possui justificativa para sua existência, fundamentação teórica, metas e instrumentos, e prevê penalidades para aqueles que não cumprem as normas estabelecidas. Interfere nas atividades dos agentes econômicos e, portanto, a maneira pela qual é estabelecida influencia as demais políticas públicas, inclusive as políticas industriais e de comércio exterior (FARIAS, 2006).

A Política Nacional define o meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (Art. 3º), e, considera-o como um patrimônio público, que, portanto, deve ser protegido. Para tal, em seu Art. 9º, esta Lei Federal institui alguns instrumentos com os quais visa garantir o alcance de seus objetivos. São eles:

- I. Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental.
- II. Zoneamento ambiental.
- III. Avaliação de impactos ambientais (AIA).
- IV. Licenciamento e fiscalização ambientais.
- V. Incentivos às tecnologias limpas.
- VI. Criação de unidades de conservação.
- VII. Criação de um sistema nacional de informações ambientais.
- VIII. Cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras.
- IX. Instrumentos de defesa, penalidades disciplinares ou compensatórias.
- X. Relatório de qualidade do meio ambiente.
- XI. Produzir informações relativas ao Meio Ambiente.

RESOLUÇÃO CONAMA N. 001/1986

Essa resolução dispõe sobre os procedimentos relativos ao Estudo de Impacto Ambiental com o intuito de estabelecer as definições, responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação do Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1986).

Para as considerações iniciais dessa resolução, é preconizado um conceito para Impacto Ambiental:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.” (Resolução CONAMA 001/1986, Art. nº 1).

Esta resolução também estabelece quais os empreendimentos e/ou atividades que dependem da elaboração do estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), ainda sujeito à aprovação pelo órgão competente, para a liberação da licença. São eles:

Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento, ferrovias, portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos, aeroportos, oleodutos, gasodutos, minerodutos, linhas de transmissão de energia elétrica (acima de 230KV), obras hidráulicas para exploração de recursos hídrico, extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão), aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos, usinas de geração de eletricidade (acima de 10 MW), complexo e unidades industriais e agroindustriais, distritos industriais e zonas estritamente industriais – ZEI, exploração econômica de madeira ou de lenha (áreas acima de 100 hectares, ou em áreas significativas do ponto de vista ambiental), projetos urbanísticos (acima de 100 hectares ou em áreas relevante interesse ambiental), qualquer atividade que utilize carvão vegetal, derivados ou produtos similares e, por último, projetos Agropecuários (áreas acima de 1000 hectares ou em áreas significativas do ponto de vista ambiental).

(Resolução CONAMA 001/1986, Art. nº 2).

NBR 12.284/1991 E 1367/1991

Esta norma dispõe especificamente sobre áreas de vivência em canteiro de obras, estabelecendo critérios e requisitos técnicos específicos de suas construções. Para efeitos da mesma, considera canteiro de obras como áreas destinadas a execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção e divide-se em áreas operacionais e áreas de vivência.

Nas áreas operacionais são desenvolvidas as atividades de trabalho ligadas diretamente à produção, enquanto que as áreas de vivência são destinadas às necessidades humanas básicas como alimentação, higiene pessoal, descanso, lazer, convivência e ambulatoriais, e, por isso devem ficar fisicamente separadas (ABNT, 1991).

Esta norma especifica alguns requisitos técnicos a respeito dos elementos presentes no canteiro de obras: as instalações sanitárias, vestiário, alojamentos, refeitórios, cozinha, lavanderia e área de lazer. Algumas especificações são apresentadas no Anexo B.

Para finalizar, a NBR 1367/1991, dá algumas disposições gerais, e dentre outras informações, estabelece que todo canteiro de obras com mais de 50 trabalhadores deve possuir além de uma pessoa treinada e habilitada para prestar primeiros socorros, deve possuir ambulatório, provido de medicamentos equipamentos e instrumentos para atendimento de emergências e consultas a serem realizadas, no mínimo, por um auxiliar de enfermagem que atenda todos os turnos de trabalho.

Ainda são estabelecidos critérios importantes, como por exemplo, a previsão de 80L de água por dia para cada trabalhador, disponibilização de equipamentos de proteção contra incêndio e de combate ao fogo nos ares de vivência, instalação de latas de lixo em quantidade suficiente e compatível com o número de usuários, dentre outras informações gerais.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (LEI N. 12.305/2010)

Criada em 02 de agosto de 2010 a Lei Federal n. 12.305, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e, reúne um conjunto de princípios, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (REIS, 2011).

A PNRS regulamentou a destinação final dos resíduos, revolucionou a gestão dos resíduos gerados e estabeleceu questões importantes (KONRAD; CALDERAN, 2011).

Para efeito desta lei os resíduos são classificados quanto sua origem (doméstico, de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviço de saúde, construção civil, agrossilvopastoril, da mineração dentre outros), e quanto sua periculosidade (não perigosos e perigosos), sendo que estes últimos merecem tratamento especial dado pelos art. 37 a art. 41, da Lei nº 12.305/2010, com exigências especiais às pessoas jurídicas que os operam (COPOLA, 2011).

Para o caso do objeto deste estudo, foi exigido o PGRS do empreendimento por este estar enquadrado no grupo das obras de construção civil. De modo geral, de acordo com esta lei, um PRGS deve apresentar como conteúdo mínimo:

- I- Descrição do empreendimento ou atividade;
- II- Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;
- III- observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Tisnam, do SNVS e do Suas e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:
 - a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;
 - b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;
- IV- identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;
- V- ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;
- VI- metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem;
- VII- se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- VIII- medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;
- IX- periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama.

(Lei 12.305/200 - Art. nº 21).

RESOLUÇÃO CONAMA N.307/2002

Mediante a necessidade de redução efetiva dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil, principalmente no que diz respeito à sua disposição em locais inadequados, o que contribui para a degradação da qualidade ambiental, a resolução nº 307/02 surgiu para estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, e disciplinar as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2002). A gestão integrada dos resíduos da construção civil é apresentada por esta resolução como instrumento necessário para propiciar os benefícios de ordem econômica, social e ambiental desejados, disciplinando as ações necessárias de modo a minimizar os impactos ambientais (CARELI, 2008).

Para efeito desta resolução, inicialmente são definidos alguns termos, dentre eles:

- I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da reparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.
- II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução.
- III - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

(Resolução CONAMA 307/2002, Art. nº 2).

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados para aquisição dos dados desse trabalho foram: trena em fibra de vidro graduada em metros (total 30 m) para mensurar as distâncias entre cada ponto e entre as pilastras da ponte para o início das áreas; aparelho *Global Positioning System* (GPS) da marca GARMIN, modelo 73S, com precisão de 3 m para demarcar as coordenadas geográficas das duas áreas e das oito parcelas em estudo.

Os procedimentos metodológicos foram divididos em duas etapas distintas: (I) *ex situ*, que foi a busca por dados primários e secundários de fontes pretéritas como dissertações, monografias, artigos, livros, teses, e endereços eletrônicos que estivessem envolvidos com o objeto desse trabalho.

(II) *In situ* que foi constituído por 6 visitas a área de estudo, para registros fotográficos do local e elaboração do memorial; estabelecimento das áreas (1 e 2) escolhidas previamente devido à localização de estruturas de suporte edificadas pela construtora que executou a obra; divisão das mesmas em parcelas de 10 m x 20 m; estabelecimento de minitrincheiras (0,5 x 0,5 m); coleta de amostras do solos dessas áreas nas profundidades: 0 – 10 cm; 10 cm – 20 cm; 20 cm – 40 cm; coleta da fauna de superfície (edáfica).

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Marabá pertence à mesorregião Sudeste Paraense e à microrregião Marabá (Figura 9) e está localizada à margem esquerda do rio Tocantins. A população total do município, de acordo com o censo 2010, contava com 233.669 habitantes em uma área de 15.128km² (IBGE, 2010).

Figura 9 - Mapa de localização do Município de Marabá, Pará.

Fonte: autores (2015).

As coordenadas geográficas da sede municipal são 05° 21' 54" de Latitude Sul, e 04° 07' 24" de Longitude a Oeste de Greenwich. Limita-se ao norte com os municípios de Itupiranga, Rondon do Pará, Nova Ipixuna e Novo Repartimento, a leste com os municípios de Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia, São Domingos do Araguaia e São Geraldo do Araguaia, ao sul com os municípios de Curionópolis, Parauapebas, Eldorado dos Carajás e São Félix do Xingu, por fim, a oeste com o município de São Félix do Xingu (PARÁ, 2013).

O clima do município de Marabá caracteriza-se como equatorial, quente e úmido, segundo a classificação Koppen. O município apresenta temperatura do ar médias mensais entre 22,9°C e 32°C, e média anual de 26°C. A umidade relativa do ar é elevada (entre 73% a 93%), oscilando entre as estações mais chuvosas (janeiro a março), e mais seca (julho a setembro). O índice pluviométrico está em torno de 2.000 mm/ano, e a insolação média é de 2.400 horas anuais (RAIOL, 2010).

A rede hidrográfica do município é representada principalmente pela bacia do rio Itacaiúnas, afluente pela margem esquerda do rio Tocantins, cuja foz encontra-se a sede municipal. Cortando o seu território com direção geral oeste/leste, apresenta como principais tributários, pela margem direita os rios: Madeira, Parauapebas, da Onça, e Vermelho. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Aquiri, Tapirapé, Preto e os igarapés Cinzeiro e Grota do Café (PARÁ, 2013). O rio Itacaiúnas percorre mais de 200 km o território marabaense, enquanto que p rio Tocantins o faz apenas em um trecho de 50km, contudo foi este de menor abrangência que permitiu a ocupação e colonização inicial do município quando permitiu a navegação entre Marabá e a capital do estado, Belém (ALMEIDA, 2008).

Como ponto central da região de entorno do baixo e médio Tocantins, o município de Marabá apresenta bastante diversidade em relação à cobertura vegetal, com predominância de Floresta Densa ao Norte do Município. Pode-se também descrever a área como situada na periferia da floresta amazônica, rodeada, do sudoeste a nordeste, por áreas de encontro entre a floresta tropical e áreas de cerrado, assim como pelas matas de transição encontradas no Maranhão (MARABÁ, 2011).

Em trechos que margeiam o rio Tocantins encontra-se também a Floresta Densa dos terraços, Florestas Ciliares e Matas de Galeria, acompanhando os cursos d'água de menor porte. Nota-se também, a presença de Campos Artificiais destinados à atividade pecuária, onde ocorreram

desmatamentos. Já na área urbana do município predominam poucas florestas antrópicas (RAIOL, 2010).

Em regiões tropicais, os solos, de maneira geral, apresentam-se bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural. Nesses solos, é a matéria orgânica que representa a maior fonte de nutrientes para o crescimento vegetal (CORREIA: OLIVEIRA, 2000; MACEDO, 2004; VICENTE *et al.*, 2010). O solo, na Amazônia, apresenta aspectos muito comuns como: baixa fertilidade natural e alta saturação de alumínio trocável. A caolinita é o mineral predominante na fração argila, e a capacidade de troca de cátions e a saturação de bases são baixas. O estoque de nutrientes é baixo, limitando a produção agrícola e florestal (PEREIRA JÚNIOR, 2011).

Os solos do município de Marabá são classificados em: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média e argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo de textura argilosa, Areias Quartzosas Hidromórficas, Solos Aluviais e Solos Litólicos, com predominância do solo Podzólico Vermelho de textura argilosa. Na área urbana, no núcleo São Félix predomina a Areia Quartzosa Hidromórficas e, em Morada Nova o Latossolo Vermelho. Já na Cidade Nova, Nova Marabá e Marabá Pioneira, caracteriza-se o tipo podzólico vermelho (RAIOL, 2010). No que diz respeito ao relevo, suas formas estão englobadas pela unidade morfoestrutural denominada de Depressão Periférica do Sul do Pará, onde dominam os planaltos amazônicos rebaixados e dissecados, e as áreas colinosas, com áreas montanhosas mais ao Sul (PARÁ, 2013).

A topografia de Marabá apresenta as maiores altitudes da região do Sudeste do Estado do Pará, devida à presença das serras dos Carajás, Sereno, Buritirama, Paredão, Encontro, Cinzento e Misteriosa (RAIOL, 2010). Também por isso, o município apresenta uma ampla variação em seus

valores altimétricos, com as cotas máximas nas proximidades da Serra dos Carajás, e altimétricos menores, localizados às margens do rio Tocantins.

Em relação à área urbana, os pontos mais elevados situam-se na Cidade Nova, nas proximidades do aeroporto, na Nova Marabá, nas proximidades da interseção da rodovia Transamazônica-BR 230 com a rodovia PA-150 (ALMEIDA, 2008). Por estar disposto na interseção entre os rios Itacaiúnas e Tocantins, o núcleo Marabá Pioneira sofre com enchentes anuais em alguns bairros como Santa Rita, Santa Rosa e Cabelo Seco.

AMOSTRAGEM DO SOLO

Foram utilizadas duas grandes áreas: A1 e A2 (Figura 10) de 10mx20m, totalizando 200m². Cada área foi subdividida em 4 parcelas (10 m X 5 m) totalizando 50m², em cada uma das parcelas foram abertas 2 (duas) mini trincheiras, de 0,5m X 0,5m X 0,5m, totalizando 16 mini trincheiras.

Figura 10 – Disposição das áreas 1 e 2 sob a Ponte do Rio Itacaiúnas, margem direita. Marabá - PA.

Fonte: autores (2015).

A área 1, localiza-se à 7,70m à direita da segunda pilastra de sustentação da ponte (sentido à margem do rio e do vão da ponte para fora). Este espaçamento foi escolhido devido a melhor facilidade de manipulação do solo que, neste perímetro, encontrava-se mais úmido e menos compactado do que em outra área mais próxima do talude da ponte ou da pilastra.

A área 2, estava localizada na extremidade oposta do vão da ponte que foi utilizado como referencial para a área 1, no entanto, devido à presença da ponte antiga que fica ao lado, não foi possível manter uma posição paralela entre as duas áreas, pois as pilastras da ponte antiga atrapalharam a demarcação desta área. Desse modo foi necessário recuar 8,2m no sentido contrário à margem do rio, em direção ao talude, para que A2 ficasse no centro, entre as duas pilastras de sustentação da ponte antiga.

Para a coleta das amostras foram estabelecidas três profundidades diferentes: 0 -10cm, 10 - 20cm e de 20 – 40 cm (Figura 11a), sentido da linha de nivelamento do terreno para o fundo da mini trincheira). Logo após, escarificou-se, com colher de pedreiro (Figura 11b), a parede interna selecionada aleatoriamente, alternando em cada mini trincheira, para que não fossem coletadas em uma única direção apenas, sendo efetuada de baixo para cima para evitar contaminação das amostras, em cada uma das coletas efetuadas. Após coletadas as amostras foram embaladas em sacos plásticos de 500 g, etiquetadas para identificação das áreas e parcelas onde foram coletadas (Figura 11c).

Figura 11 – a) Mini trincheira com as profundidades utilizadas para coleta de amostras do solo sob a Ponte do Rio Itacaiúnas, Marabá – Pará.

Fonte: autores (2015).

Por serem apenas duas pessoas trabalhando na escarificação das minis trincheiras, a coleta foi realizada em dois dias: 7 e 8 de agosto de 2013. Sendo que apenas 12 do total das amostras ficaram para o segundo dia. Após a coleta, as amostras foram conduzidas ao laboratório de física do solo do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), onde foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneiras (malha = 2 mm), para separação das frações calhau e cascalho da fração terra fina seca ao ar (TFSA).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

O tratamento dos dados foi realizado com usos de planilhas eletrônicas contidas nos *softwares* estatísticos TAL 4.2 (SUNG, 1996 -2002), Excel 2007 (MICROSOFT CORPORATION, 2016) e BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007). O TAL 4.2 foi utilizado para identificar a classe textural dos solos analisados a partir dos níveis de areia, silte e argila. Através do Excel foi possível estabelecer as médias dos parâmetros analisados, bem como a montagem dos seus respectivos gráficos. O BioEstat é um programa de análise bioestatística uni e multivariada muito utilizado no Brasil principalmente no estado do Pará, que surgiu com objetivo de diminuir a complexidade de se trabalhar com dados obtidos em uma pesquisa.

Através desse *software*, foi possível obter as médias, por profundidades, nos solos dos sistemas analisados, quanto à granulometria, classificação textural, carbono, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo total, pH, CTC, sódio, deste os outros parâmetros analisados, nos quais foi aplicada a estatística descritiva, análise de variância (ANOVA), a dois critérios, seguida do Teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO SOLO

A partir das frações de argila areia e silte para cada profundidade, das duas áreas analisadas, obteve-se um total de seis classes texturais distintas destacando a área 1(Figura 14a), com o maior número: franco argilo arenoso, franco argiloso, argiloso, franco siltoso, argilo arenoso e muito argiloso; A₂ (Figura 14b) mostrou pouca variação com apenas duas classes: argiloso e franco argiloso.

Figura 14 – a) Percentual para cada classe textural encontrada na área 1 sob a Ponte do Rio Itacaiúnas, lado esquerdo da ponte; b) área 2, sob a Ponte do Rio Itacaiúnas, lado direito da ponte, Marabá- Pará.

Fonte: autores (2015).

Os dados analisados indicaram que, em ambas as áreas, há ocorrência de duas classes texturais: argiloso e franco argiloso, sendo que, na área 2, a presença desse tipo de solo é mais efetiva (91,67%). Sobre a presença e função desse tipo de solo, foram efetuados dois estudos por Fearnside e Leal Filho (2001), e Kiehl (1979), e ambos concluíram que os solos argilosos, além de apresentar maior capacidade de retenção catiônica, mostraram-se positivamente relacionados com a matéria orgânica, no sentido de apresentarem uma correlação positiva, quanto maior a quantidade de argila, maior será a quantidade de carbono e matéria orgânica. No presente estudo, esta é a justificativa para as concentrações de carbono e matéria orgânica encontradas para as duas áreas, já que a classe textural argiloso foi a que apresentou maior predominância nas duas áreas.

ATRIBUTOS QUÍMICOS

PH, CARBONO ORGÂNICO, MATÉRIA ORGÂNICA, NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), a análise dos dados obtidos, indicou uma tendência para alcalinização na área 2 (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores das médias obtidas para o potencial hidrogeniônico das duas áreas, em cada parcela e profundidade. Marabá – PA. Conclusão.

Profundidades (cm)	ÁREA 1				ÁREA 2			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
0 - 10	6.78	6.74	5.36	6.97	8.45	7.79	8.25	6.29
10 - 20	6.31	5.91	5.36	5.59	8.75	6.82	7.43	7.31
20 - 40	5.51	4.83	5.26	5.82	8.11	6.35	6.34	7.69

Fonte: autores (2015).

Os dados obtidos e analisados indicaram que os valores para o **pH**, na área 1, mantiveram-se dentro dos padrões para os solos amazônicos (4,5 a 6,5). Porém, na área 2, o pH mostrou tendência para elevação, o que torna o solo alcalino para esses padrões, em profundidades distintas. Sobre as variações acerca do pH, foi efetuado um estudo em Aurora do Pará, na Fazenda Experimental Tramontina, por Pereira Júnior (2011) comprovou que as variações no pH interferem com a CTC em relação a oferta de nutrientes às plantas e compromete a fertilidade do solo. Isso indica que os impactos ambientais no solo, foram mais efetivos na área 2.

Os teores de **carbono orgânico**, relacionando as duas áreas e considerando os valores brutos encontrados por mini trincheiras, variaram entre 2,41 a 28,11 g/kg, e, não apresentaram efeitos estatísticos significantes quando analisados por profundidade entre as duas áreas. Tratando-se da média geral de cada área, independente da profundidade, A₁ apresentou menor teor de carbono, 9,44 g/Kg contra 10,81 g/kg em A₂ (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores das médias obtidas para o carbono orgânico das duas áreas, em cada parcela e profundidade. Marabá – PA.

Profundidades (cm)	ÁREA 1 (g/kg)				ÁREA 2 (g/kg)			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
0 - 10	5.02	6.43	21.49	18.47	9.04	11.25	13.05	11.45
10 - 20	5.62	4.22	13.65	11.25	10.04	9.84	9.44	14.46
20 - 40	4.02	8.84	6.63	7.63	9.64	6.83	11.45	13.25

Fonte: autores (2015)

Estudo realizado sobre estoque de carbono em Latossolos, Argissolos e Neossolos, no sudoeste da Amazônia, de acordo com os resultados obtidos, conclui que o teor de carbono orgânico no solo encontra-se na composição da matéria orgânica (MO) até 30 cm, onde há diferentes estágios de decomposição (BELIZÁRIO, 2008).

Baseando-se nisso esperava-se que os maiores valores para o carbono fossem encontrados nas camadas superiores, no entanto, como visto na Tabela 04, algumas parcelas apresentaram comportamento diferenciado (como P₂/A₁, P₁/A₂, P₃/A₂, P₄/A₂) nas quais o teor de carbono das camadas inferiores mostra-se maiores do que na camada superficial. No entanto, na média geral, por profundidade, os valores apresentaram o comportamento esperado no qual o teor de carbono diminui com o aumento da profundidade.

Na pesquisa realizada por Machado (2001), sobre o manejo de matéria orgânica realizado em solos tropicais, os dados obtidos indicaram que o carbono orgânico é utilizado como fonte de energia pela comunidade de invertebrados e, isso pode ter ocorrido bioturbação nas últimas camadas, o que pode ter elevado os teores desse elemento mineral nos solos desse sistema e nessa profundidade. No presente estudo, a melhor explicação para o aumento do teor de Corg nas camadas mais inferiores é essa, no entanto, esses invertebrados, conhecidos como “engenheiros do ecossistema” não foram objetos deste estudo.

Outras justificativas para esta situação inversa no teor de carbono é que pode ter havido lixiviação deste componente para as camadas inferiores, ou, ela ainda pode estar relacionada à forma como o material alóctone foi removido de outra área, no sentido que possa ter sido removido apenas da camada superficial de uma determinada região, nesse caso suas características não condizem com as de um perfil de solo mais inferior (Figura 26).

Figura 26 – Médias obtidas para o carbono orgânico nas duas áreas entre as parcelas e profundidades analisadas. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015)

Após a análise dos dados, pôde-se observar que em P₁ e P₂ da A₁ apresentaram os menores valores para o carbono, principalmente na profundidade 0-10, enquanto que as parcelas 3 e 4 apresentaram os picos mais altos nesta mesma profundidade. Sobre A₂ observou-se que o teor de carbono pouco variou entre as profundidades, e, também foi onde o comportamento deste componente apresentou-se diferenciado. Novamente isso pode ser explicado pelo fato de esta ser a área que recebeu modificação mais recente pela entrada de material alóctone e pela influência da central de concreto que próxima dali esteve instalada.

Estudo efetuado em solos de diferentes texturas por Castro (2008), quanto ao estoque de carbono orgânico, mostrou que a ordem de predominância para as maiores concentrações de carbono foi encontrada na fração argiloso, seguida pela fração silte e em último lugar na areia. No presente estudo os valores das médias de Corg para as classes texturais encontradas também mostrou este mesmo arranjo, apesar de não ter apresentado a fração areia na classificação das profundidades. A ordem de concentração em cada área foi:

A₁: argiloso > muito argiloso > franco siltoso > franco argilo arenoso > argila arenoso > franco argiloso.

A₂: franco argiloso > argiloso.

Os valores de matéria orgânica (MO) encontrado nas duas áreas variaram entre 4,15 g/kg a 48,47 g/Kg e, não apresentaram efeitos estatísticos significantes quando analisados por profundidade entre as duas áreas (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores das médias obtidas para a matéria orgânica das duas áreas, em cada parcela e profundidade. Marabá – PA.

	ÁREA 1 (g/kg)				ÁREA 2 (g/kg)			
Profundidades	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
0 - 10 cm	8.65	11.08	37.04	31.85	15.58	19.39	22.5	19.73
10 - 20 cm	9.69	7.27	23.54	19.39	17.31	16.96	16.27	24.93
20 - 40 cm	6.92	15.23	11.42	13.16	16.62	11.77	19.73	22.85

Legenda: P = profundidade

Fonte: autores (2015)

Sobre os valores médios da MO, Carvalho *et al.* (1999), efetuaram estudo em solo podzólico, e concluíram que os valores médios para o teor de matéria orgânica diminuíram em profundidade. Tal comportamento foi mais evidente na camada superficial para a subsequente e, estava relacionado à deposição superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa, bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais.

Na pesquisa realizada em Marabá, os valores obtidos para a MO, apresentaram esse mesmo comportamento não estavam relacionados aos mesmos fatores, já que as duas áreas não apresentavam vegetação arbustiva. Nesse sentido, pode-se afirmar que o teor de matéria orgânica encontrado nas áreas pesquisadas, está relacionado à presença de herbáceas, também conhecida como capim, que predominava as áreas em termos de vegetação, ou então pode estar relacionado à MO já presente no solo alóctone que foi introduzido no local.

Outra observação efetuada a partir dos dados analisados sobre MO, assim como ocorreu para os valores do carbono, apresentou comportamento diferenciado, em algumas parcelas (P₁/A₁, P₁/A₂, P₄/A₂), no qual o teor dela, aumentou em profundidade. A este desempenho também se justifica os mesmos argumentos que foram apresentados para o carbono.

Na relação da MO com a classificação textural, pesquisas realizadas por Araújo *et al.* (2012), e Belizário (2008), indicaram que, quanto maior o teor de argila, maior será a concentração da matéria orgânica. Nesse caso, os dados obtidos em Marabá – PA, indicaram que, na área 1, as maiores concentrações de MO encontravam-se nas classes argiloso (22,91 g/Kg) e muito argiloso (13,5 g/Kg). Já na área 2 a maior concentração de MO encontrada foi na franco argiloso (23,19 g/Kg) e em seguida pela classe de solo argiloso (18,22 g/Kg).

Para o teor de nitrogênio total (N_{Total}), a análise dos dados obtidos indicou que não houve tendências de variações quanto aos valores médios encontrados, nas duas áreas e nas profundidades analisadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores das médias obtidas para o nitrogênio total das duas áreas, em cada parcela e profundidade.

Profundidades	ÁREA 1 (g/Kg)				ÁREA 2 (g/Kg)			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
0 - 10 cm	0.43	0.48	0.81	0.65	0.40	0.63	0.53	0.68
10 - 20 cm	0.28	0.48	0.58	0.53	0.33	0.30	0.60	0.28
20 - 40 cm	0.30	0.25	0.33	0.40	0.18	0.40	0.55	0.40

Fonte: autores (2015)

No que diz respeito ao teor de N_{Total} relacionado à classe textural, o presente estudo mostrou que a maior concentração foi no tipo argiloso (0,57 g/Kg), seguida pelo argilo arenoso (0,5 g/Kg), e em último lugar a classe franco siltoso (0,25 g/Kg), isso por parcela, entre as áreas 1 e 2 (Figura 27).

Figura 27 – Médias obtidas para o nitrogênio total nas duas áreas entre as parcelas e profundidades. Marabá – PA.

Fonte: autores (2015)

Após a análise dos dados verificou-se que a tendência de variações nos valores do teor de nitrogênio, principalmente entre as profundidades, verifica-se maiores concentrações na profundidade superior em todas as parcelas. Acerca dessa variação, foi efetuado um estudo por Longo e Espíndola (2000), em Latossolo amazônico e áreas de cerrado, todos de textura argiloso. Os pesquisadores concluíram que os teores de N_{total} se encontravam estocados nos primeiros 20 cm do solo, em razão provavelmente do acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais.

Também foi verificado que houve maior concentração de nitrogênio total foi verificada na camada 0 – 10 cm tanto em A₁ (0,59 g/Kg) quanto em A₂ (0,56 g/Kg). Estes valores foram obtidos a partir da média para cada profundidade. Assim, pode-se considerar que esta maior concentração de nitrogênio nessa profundidade, seja resultante da concentração de material orgânico e que esteja sob mineralização.

Para a relação carbono/nitrogênio (C/N), os dados obtidos e analisados indicaram tendências de variações para o valor médio em profundidades diferentes tanto em A₁ quanto em A₂ (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores das médias obtidas para a relação C/N das duas áreas, em cada parcela e profundidade. Marabá – PA.

Profundidades	ÁREA 1 (g/Kg)				ÁREA 2 (g/Kg)			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
0 - 10 cm	11.69	13.74	26.25	29.38	22.09	17.36	27.06	17.50
10 - 20 cm	19.41	9.13	22.40	21.82	40.99	39.38	15.51	59.82

20 - 40 cm	14.95	35.09	20.41	25.92	75.37	15.82	21.33	33.55
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: autores (2015)

Quanto a relação C/N, independente da classificação textural, os estudos efetuados por Machado (2001) e Silva (2003), concluíram que, em geral, independentemente do tipo de solo ou de sua classificação textural, relações de C/N que apresentarem baixo valor (em torno de 10 g/kg) indicam avançado estágio de decomposição de MO, e valores altos (em torno de 30 g/kg) indicam baixa atividades microbianas.

Em Marabá, os dados obtidos e analisados indicaram que, a partir da média geral em cada área, ou seja, independente de parcela e profundidade, na área 1 (média dos valores da relação C/N foi 20,85) está em estágio de baixa atividade microbiana, e consequentemente apresenta baixo teor de carbono e alto teor de nitrogênio. A área 2, onde a média dos valores encontrados foi 32,15 está em avançado estágio de decomposição da MO, consequentemente apresenta alto teor de carbono e atividade microbiana acelerada (Figura 28).

Figura 28 – Médias obtidas para a relação C/N nas duas áreas entre as parcelas e profundidades analisadas.

Fonte: autores (2015)

Os dados também indicaram que, em termos de profundidades, na área 1, já classificada com baixa atividade microbiana, apresentou comportamento diferenciado, ou seja, estágio avançado de decomposição da MO nas profundidades 20 - 40cm (P₂) e 0 - 10 cm (P₄). Ainda é possível observar que existem parcelas em que algumas profundidades mostram valor bem próximo ao 30 (como P₃ e P₄), destacando-as com atividade microbiana maior do que nas parcelas 1 e 2. A área 2, já considerada como área de avançado estágio de decomposição da MO, apresentou comportamento diferenciado, ou seja, valor menor que 30, nas profundidades 0-10cm (em P₁, P₂, P₃ e P₄); 10-20cm (em P₃), e 20-40cm apenas em P₃.

Consequentemente, esta relação apresenta-se bastante diversificada entre as profundidades, à medida que, em algumas parcelas, houve uma diminuição no sentido para as camadas inferiores e, em outros, houve um aumento na relação C/N. Sobre isso pode-se explicar que, onde os valores desta relação apresentaram crescimento, no sentido das profundidades, significa dizer que o nitrogênio está diminuindo em maior nível do que o acontece com o carbono, considerando que este também diminui sua concentração nas últimas camadas.

Quando os valores da relação C/N diminuem em função do aumento das profundidades, ou seja, uma situação inversa significa dizer que o nitrogênio está diminuindo em menor quantidade do que o carbono, já que nenhum desses parâmetros apresentou concentração constante nas profundidades. Na relação entre as classes texturais encontradas em cada área, observou-se que na área 1, a maior concentração de C/N foi na classe franco siltoso (24,59) seguida pelo argiloso (23,87) e em terceiro lugar muito argiloso. A classe que apresentou menor concentração foi argilo arenoso

(7,98). Já A2 apresentou um comportamento diferente, onde a maior concentração para a relação C/N foi encontrada na classe argiloso (33,08) e em segundo lugar franco argiloso (21,93).

Finamente, observou-se que, em diferentes profundidades, na avaliação da fertilidade (carbono orgânico, matéria orgânica, relação carbono nitrogênio e nitrogênio), os valores apresentam tendências de variação nas concentrações entre as profundidades nas duas áreas (Figura 29)

Figura 29 – Médias obtidas para o carbono, matéria orgânica, relação C/N e nitrogênio total, nas duas áreas analisadas. Marabá – PA.

Médias dos valores para Corg, MO, C/N e NT nas profundidades

Fonte: autores (2015)

Os dados obtidos indicaram que houve tendência de elevação dos valores de Corg., maiores e mais próximos entre si, na área 2, sendo que os valores máximos ocorreram nas profundidades de 10 - 20 cm e 20 - 40 cm. Na área 2 a matéria orgânica também apresentou um comportamento diferenciado, com base na média geral de cada área, do que era esperado (maior quantidade nos horizontes superficiais), no qual sua maior concentração foi encontrada na última camada analisada. Para esses dois casos, a possibilidade do solo alóctone ser removido apenas na parte superficial de uma região, para ser inserido na área de estudo. Nesse caso, mesmo a última camada daquela área pode apresentar solo da camada superior de onde o mesmo foi removido.

Na pesquisa realizada por Oliveira (2009), sobre indicadores da qualidade do solo no nordeste paraense, sob diferentes sistemas de cultivo, esse autor concluiu que as maiores concentrações de carbono orgânico estão relacionadas a alta decomposição da matéria orgânica por microorganismos aeróbicos, os quais consomem nitrogênio neste processo. Na pesquisa realizada em Marabá, os teores de carbono orgânico, matéria orgânica e nitrogênio total são mais elevados na camada situada entre 20 - 40 cm (A₂), isso em face a alta decomposição da matéria orgânica por microorganismos aeróbicos, onde há o consumo do nitrogênio.

Quanto a distribuição da matéria orgânica no solo, Tongnon, Dematté, J. L e Dematté, J.A (2002), efetuaram estudo em Latossolos da Floresta Amazônica e dos Cerrados do Brasil Central, e concluíram que, à medida que aumenta o teor de argila do solo, aumenta o teor de matéria orgânica e, nesse caso, os solos da região amazônica apresentam elevado teor de nitrogênio com relações C/N inferiores quando comparados com as concentrações encontradas nos solos de Cerrados. Na pesquisa realizada em Marabá, Os dados obtidos e analisados estão de acordo com o que foi observado pelo referido autor, ainda que no sentido oposto, visto que as duas áreas apresentaram baixos teores de nitrogênio (0,46g/Kg em A₁ e 0,44g/Kg em A₂), em contrapartida apresentaram altas concentrações de C/N (20,85g/Kg em A₁, e 32,15g/Kg em A₂).

Na análise dos dados obtidos, também se observou que, em geral, A₁ apresentou valores mais equilibrados, sem grandes variações, em todos os parâmetros, entre as profundidades. Isso significa

que a concentração desses atributos está disposta de forma mais uniforme, mesmo que não o suficiente, em toda a profundidade analisada.

Sobre esse equilíbrio e uniformidade na relação C/N, foi realizada uma pesquisa acerca da fertilidade do solo em sistemas de plantio direto, por Lopes *et al.* (s/d), e esses autores indicaram que a alteração no teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações do pH, na dinâmica de nitrogênio e de outros nutrientes. Eles afirmam também que isso demonstra um aumento no teor de matéria orgânica, está ocorrendo armazenamento de N no solo.

Na pesquisa ocorrida em Marabá, os valores obtidos para as médias dos teores de N e MO, indicaram que o teor desses dois atributos é maior nas camadas superficiais do solo, e que apesar da concentração de MO estar medianamente alta, a concentração de nitrogênio no solo é muito baixa. Isso mostra que não está ocorrendo armazenamento de N no solo, que provavelmente deve estar sendo consumido pelos microorganismos aeróbicos no processo de decomposição da matéria orgânica.

ACIDEZES ((H⁺ + AL³⁺); CÁTIOS TROCÁVEIS; CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC); SOMA DE BASES (S); PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE BASES (V)

Os dados obtidos e analisados para a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), cátions trocáveis, CTC, soma de bases não indicaram tendências a variações quando relacionados entre si, nas duas áreas, nas mesmas profundidades (Tabela 08).

Tabela 8 - Valores médios encontrados para acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), cátions trocáveis, CTC, soma de bases e percentagem de saturação de bases nas duas áreas, em cada profundidade.

percentagem de saturação de bases nas duas áreas, em cada profundidade.						
ÁREA 1				ÁREA 2		
PROFUNDIDADES						
Elementos (cmolc/kg)	0 - 10 cm	10 -20 cm	20 - 40 cm	0 - 10 cm	10 -20 cm	20 - 40 cm
Al+3	0.42	0.26	1.48	0.53	0.77	1.02
H ⁺ + Al ⁺³	0.42	0.52	0.98	1.00	1.33	1.53
Ca	5.78	3.90	3.00	7.60	7.60	5.28
Mg	1.73	1.43	2.16	2.44	1.61	1.14
Na	0.98	0.84	0.63	0.69	0.58	0.55
K	1.07	0.95	0.64	0.55	0.44	0.55
CTC	13.01	10.77	11.81	12.74	12.28	9.51
S	11.28	8.94	9.12	12.01	11.25	8.51
V (%)	87.07	82.55	77.9	93.98	88.98	88.67

Fonte: autores (2015)

Em relação ao **pH**, no estudo efetuado por Oliveira (2009), foi concluído que a mineralização da matéria orgânica libera cátions nas camadas do solo, em especial cátions H⁺, o que provoca redução no pH. Nos solos analisados em Marabá, os valores das médias para o teor de acidez não foram elevados, principalmente na A₁. Em A₂, ocorreram os maiores índices de acidez, e isso difere daquela conclusão relatada por Oliveira (2009), isso porque houve maior valor para o pH e MO. Sobre isso, embora a acidez esteja elevada, em comparação com A₁, supõe-se que nesse sistema a mineralização da matéria orgânica ainda seja atuante.

Quanto ao teor de **alumínio trocável (Al³⁺)**, entre as duas áreas não apresentou tendências de variações significativas quanto aos valores médios, quando relacionadas entre si, com profundidade em comum. Mas, quando relacionadas isoladamente cada área, observou-se que A₁ apresentou variações mais significativas em dois grupos de profundidades: (0-10 com 20-40cm; significância <0.05) e, (10-20 com 20-40cm; significância <0.01). Já A₂, mesmo relacionando entre si, nas profundidades, os valores de alumínio trocável não apresentaram significância.

Em relação aos valores determinados para o teor de **alumínio trocável**, houve tendência de variações entre 0,11 cmolc/kg a 2,74 cmolc/kg. Em relação ao aumento da profundidade nos solos analisados, ocorreram variações médias nos teores, para mais ou para menos no teor de alumínio trocável. Nas duas áreas, a maior concentração encontrada foi na profundidade 20-40 cm.

Em um estudo efetuado em Latossolo Amarelo distrófico e Argissolos Amarelo distrófico, por Souza *et al.* (2010), os autores concluíram que o teor de alumínio trocável apresentou tendência a elevação de acordo com o aumento da profundidade. Em comparação com os dados obtidos em Marabá, verificou-se que, A₂, apresentou o mesmo comportamento observado por Souza *et al.* (2010). Sobre isso supõe-se que pode ter havido processo de lixiviação na área, o que carregou o alumínio para as camadas inferiores.

Na área 1, dados obtidos não mostraram um aumento no teor de alumínio com o aumento da profundidade, principalmente quando observada a camada intermediária (10 - 20 cm). Nesse caso e para essa profundidade, é possível que a mineralização da matéria orgânica não tenha atuado no aumento do teor de alumínio.

A área 2 apresentou teores mais elevados de Al⁺³ em todas as profundidades em comparação com A₁. Acerca desses teores elevados, Belizário (2008), Castro (2008), Correia e Andrade (2008 e Silva (2003), realizaram pesquisas sobre a alta concentração de MO melhora a ciclagem dos nutrientes devido à atividade bacteriana que, além da liberação desses nutrientes no solo, pode também ter liberado o alumínio que estava armazenado na MO. Em Marabá, na maioria das parcelas e profundidades, os valores encontrados foram superiores em A₂ quando comparado com A₁, o que corrobora com o exposto pelos pesquisadores. Já para Pereira Júnior (2011), a explicação dos teores elevados de alumínio trocável é antrópica. Como os solos analisados em Marabá, foram bastante antropizados pelo soerguimento da ponte em concreto, isso elevou os teores de alumínio em A₁ e A₂, sendo que, neste, os teores foram mais elevados em relação à A₁.

Para os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), os dados analisados indicaram que há uma tendência de maiores concentrações na A₂, principalmente nas camadas superiores, até 20cm, enquanto que o teor de sódio (Na) e potássio (K) apresentou maiores valores na A₁, também nas primeiras profundidades. Estudo realizado em Latossolo Amarelo por Pereira *et al.* (2000), concluiu que os teores de cálcio no período seco sempre foram mais elevados apresentando-se com diferenças estatísticas significativas. Concluíram também que isso pode ter resultado da mineralização da matéria orgânica que é mais acentuada nesse período. Apesar de a sazonalidade não ser objeto do presente trabalho, o município de Marabá apresenta estações mais secas e de baixo índice de pluviosidade, que ocorrem justamente no período em que as amostras foram coletadas. Portanto este pode ser um fator que influenciou o alto teor de Ca encontrado nas duas áreas.

Outro estudo efetuado por Luizão (2007) sobre a ciclagem de nutrientes em florestas tropicais mostrou que ocorre aumento no teor de potássio e magnésio é devido o enriquecimento provocado pela lavagem das copas das árvores que produzem fluxos de magnésio, e principalmente de potássio. Já em Marabá, as duas áreas em estudo não apresentavam vegetação arbustiva, portanto os teores desses macronutrientes não estão relacionados à lavagem das copas das árvores como ocorreu no referido estudo. Estes macronutrientes podem ter influência pelo teor de MO, ou ainda, já estarem presentes no solo que foi introduzido na área.

Os valores das médias da soma de bases não apresentaram efeito estatístico significativo quando relacionadas cada área individualmente entre as profundidades, nem quando relacionadas entre si. Verificou-se também que, em geral, apesar da profundidade 20 - 40 cm na A₁ apresentar-se como exceção, há uma tendência de diminuição dos valores da soma de bases de acordo com o aumento da profundidade. Isso pode estar relacionado à diminuição do teor de matéria orgânica em relação ao aumento da profundidade, para os casos em que esse comportamento se aplica.

O maior valor da soma de bases foi encontrado na A₂, profundidade 0 - 10 cm, ainda assim a diferença deste valor para o máximo encontrado na A₁ não é muito grande. Estudo realizado em Latossolo Amarelo no nordeste paraense, por Silva *et al.* (2006), concluíram que esse tipo de solo apresentou acidez elevada resultante da neutralização por cátions básicos. Com base nesses resultados

e pode-se associar os maiores valores encontrados para a soma de bases estão relacionados com a diminuição da acidez, que apresentou valores mínimos nas profundidades em que o valor de S se mostrou elevado.

Quanto à capacidade de trocas de cátions (CTC) os resultados obtidos apresentaram significância em todas as profundidades, quando relacionou-se cada área individualmente, no entanto, o inverso ocorreu quando relacionou-se as duas áreas entre profundidades. O maior valor de média para CTC ocorreu na profundidade 10 - 20 cm na A₁, e, os maiores teores concentraram-se nas camadas superiores. Observou-se também que foram pequenas as variações entre os valores, para mais ou para menos, em todas as profundidades, o que significa que os valores estão próximos ao equilíbrio.

Relacionando a matéria orgânica com a classificação textural, e considerando que quanto maior o teor de argila, maior será a concentração de MO e, maior será a reação da CTC o que favorece a fertilidade do solo porque poderá ocorrer maior absorção de nutrientes catiônicos pelas plantas (LOPES et al., s/d). Os valores encontrados neste estudo, principalmente na A₁ comprovam esta teoria, já que os valores de reação da CTC (Figura 30) foram maiores na classe argiloso (22,91 cmolc/kg), seguida pela muito argiloso (13,5 cmolc/kg). O menor valor foi encontrado na franco argiloso (5,54 cmolc/kg). O contrário desta situação ocorreu na A₂, onde a maior concentração foi na franco argiloso (23,19 cmolc/kg) e o menor na argiloso (18,22 cmolc/kg).

Em um estudo efetuado em Latossolo Amarelo, de textura média, por Pereira *et al.* (2000), concluiu que as concentrações de CTC, revelou que a deposição de matéria orgânica no solo provoca aumento na CTC, e promove uma melhor adsorção de cátions trocáveis liberados pela decomposição da matéria orgânica. Na pesquisa realizada em Marabá, os valores encontrados para a CTC, indicaram que, nas camadas mais superficiais, principalmente 0 – 10 cm, nas duas áreas foram elevados quando comparados com as demais profundidades. A possível explicação para esses resultados é a deposição de matéria orgânica sobre a superfície do solo o que provocou aumento na CTC nesses sistemas.

A percentagem de saturação de bases (V) não apresentou efeito estatístico significativo, quando comparadas as áreas individualmente. No entanto, quando foi feita a relação entre as duas áreas, as profundidades 20 – 40 (A₁) e, 10 – 20 (A₂) apresentaram efeito estatisticamente significativo (<0.01). Sobre os solos eutróficos, Silva (2003), efetuou estudo sobre saturação de bases, os valores para esse quesito equivalem a V% > 50%, o que mostra uma riqueza em nutrientes, enquanto que solo com V% < 50% representam solos distróficos, com pouco nutrientes. Nesse caso em Marabá, de acordo com os percentuais obtidos nas duas áreas, pode-se afirmar que por unanimidade as duas áreas classificam-se por apresentarem solos eutróficos, já que o menor valor de V% foi 77,9%.

CONCLUSÃO

A obra de duplicação da Ponte Rio Itacaiúnas provocou alterações nas características físicas químicas e biológicas do solo, em todas as extensões de suas atividades, seja instalação do canteiro de obras, da central de concreto, dentre outras. A introdução de material alóctone utilizado para manter a estabilidade do terreno, pode ter sido o principal fator que alterou os parâmetros analisados como o pH por exemplo e, modificou o comportamento de outros como a matéria orgânica. Este material além de provavelmente não apresentar características comuns do solo natural da área, deve ter sido removido apenas em sua parte superficial, fator que deve ter influenciado os resultados encontrados nas profundidades estudadas.

A área 1 já está em fase de regeneração, principalmente por estar localizada na faixa da ponte antiga, ou seja, sofreu antropização a mais tempo. Já a área 2 estava mais próxima de onde havia sido instalada a central de concreto e, por isso está mais alterada, principalmente para o pH. A fauna, apesar do grau elevado de antropização, está presente e representada pela ordem Hymenoptera, logo, é um indicativo que esta área pode estar recuperando a fertilidade do solo quanto as propriedades físicas e químicas alteradas por uso inadequado do solo.

A fauna edáfica sofreu influência pela oferta de material orgânico e nutriente, e, novamente, como ocorreu para os atributos do solo, a inserção de material alóctone, no que diz respeito ao forrageamento de organismos que podem não ter se adaptado ao novo meio ali inserido. Outros fatores ambientais como precipitação, umidade e temperatura também atuam sobre a fauna do solo podendo aumentar ou diminuir a densidade populacional e a diversidade de espécies comprometendo a fertilidade do solo. No entanto estes fatores não foram objetos deste estudo, e, portanto, ainda que seja de conhecimento, sua influência nos resultados não pode ser comprovada.

Apesar de constar nos documentos estudos a elaboração do PRAD pela empresa responsável pela obra, as ações efetuadas, no que diz respeito às medidas de correção dos impactos causados ao local, não foram suficientes para corrigir o impacto, visto que as alterações permanecem. Ficou evidente que a avaliação da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade e qualidade dos sistemas de manejo utilizados, principalmente no que diz respeito às áreas onde a atividade antrópica inadequada tem gerado sua degradação e inviabilização para usos futuros. Assim, é necessário que seja desenvolvida uma sensibilidade mais efetiva sobre o fator solo, a partir de um processo educativo que privilegie uma concepção de sustentabilidade na relação homem-natureza.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1367/91. **Áreas de vivência em canteiro de obras**. Disponível em: < <http://www.iw8.com.br/downloads/abnt---nbr-1367-e-nr-18---canteiro-de-obras---diretrizes.html>>. Acesso em: 21 jul. 2013.

ALMEIDA, E. **Lei 12.305 Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2012. Cuiabá, MT. 2012. Disponível em: <http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=7508>. Acesso em: 24 out. 2013.

ALMEIDA, J. J. **A cidade de Marabá sob o impacto dos projetos governamentais**. 2008. 273 f. Dissertação (Mestrado em História). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2008.

ANDRADE, L. B. **O uso da fauna edáfica como bioindicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**. 2000. Dissertação (Bacharelado em Ecologia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

ARAÚJO, A. S. F. **A qualidade do solo**. Informativo Científico da FAPEPI. n. 4. Teresina, Piauí. 2005. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/novafapepi/sapiencia4/artigos1.php>>. Acesso em: 17 out. 2013.

ARAÚJO, A. S. F; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores da qualidade do solo. Uberlândia – MG: **Journal Bioscience**, v. 23, n.3, p. 66 – 75, 2007.

ARAÚJO, E. A. *et al.* Qualidade do solo: conceitos e indicadores de avaliação. 2012. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. v.5, n.1, p.187-206. 2012.

ARAÚJO, R. *et al.* Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. 2007. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007.

AQUINO, A. M. *et al.* **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tüllgren modificado**. EMBRAPA, 2006a. (Circular técnica 17).

AQUINO, A. M. *et al.* **Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (*pitfall-traps*)**. Seropédica - RJ: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006b. (Circular Técnica 18).

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. D. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. **Embrapa Agrobiologia**. 2005. (Documentos, 201),

AQUINO, Adriana Maria. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistemas. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos Biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, Embrapa Agrobiologia. p. 47-75. 2005.

AYRES, M. *et al.* **BioEstat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. 2007. Manual para Usuário. Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Belém, Pará, 2007. Disponível em: <<http://euler.mat.ufrgs.br/~giacomo/Manuais-softw/BIOESTAT/Manual-BioEstat.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2013.

BALDIN JUNIOR, P. R. **Levantamento da herpetofauna de serrapilheira em remanescente florestal na Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel – Paraná**. s/d. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel, PR. s/d. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Ciencias_Biologicas_Bacharelado/Levantamento_da_herpetofauna_de_serrapilheira_em_remanescente_florestal_na_Faculdade_Assis_Gurgacz.pdf>. Acesso em 25 out. 2013.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BARETTA, D. *et al.* Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 2699. 2007.

BARRIOS, E.; COUTINHO, H. L. C.; MEDEIROS, C. A. B. **InPac-S: Integração participativa de conhecimentos sobre indicadores de qualidade do solo**. 2011. Guia Metodológico. *World Agroforestry Centre* (ICRAF), Embrapa, CIAT. Nairobi. 2011.

BASTOS, D. C. O. **Teoria - pH, reação do solo e calagem**. 2008. Notas de aula. Faculdade da Amazônia (IESA). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/2434905/Teoria-pH-reacao-do-solo-e-calagem>>. Acesso em 19 nov. 2013.

BELIZÁRIO, M. H. **Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia**. 2008. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BERTINI, S. C. B. **Indicadores microbiológicos de qualidade do solo em Florestas de Araucária no Estado de São Paulo**. 2010. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em: 21 jul. 2013.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução Conama n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução Conama n. 237, de 23 de janeiro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 20 set. 2013.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 19 out. 2013.

BRASIL. Congresso. Senado. Resolução Conama n. 307, de 05 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

CARELI, E. D. **A Resolução CONAMA Nº 301/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo, SP. 2008.

CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.** v.34, n.2, p. 257-265.1999.

CARVALHO, J. E. B. *et al.* **Efeito de sistemas de manejo nos indicadores químicos de qualidade do solo**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/Indicadores/index.htm>. Acesso em: 17 out. 2013.

CASALINHO, H. D. *et al.* Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agro ciência**, v. 13, n. 2, p. 195-203. 2007.

CASTRO, G. C. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste mato-grossense**, 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais em Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso, 2008.

CMT ENGENHARIA. **Plano de Controle Ambiental** - Canteiro de obras para a construção da ponte sobre o rio Itacaiúnas. s/d. 30 f. Marabá, Pará.

CMT ENGENHARIA. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos** – Obras da ponte sobre o rio Itacaiúnas, Marabá-PA. Canteiro de obras. s/d. Marabá, Pará.

CONCEIÇÃO, P. C. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5. 2005.

COPOLA, R. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei Federal Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010). 2011. Disponível em: <<http://www.acopesp.org.br/artigos/Dra.%20Gina%20Copola/gina%20artigo%2067.pdf>>. Acesso em 21 out. 2013.

CORDEIRO, F. C. *et al.* Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. Seropédica, RJ. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 24, n.2, p. 29-34. 2004.

CORREIA M. E. F., OLIVEIRA L. C. M. Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. **Embrapa Agrobiologia**. 2000. (Documentos, 112).

CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**. 2002. (Documentos, 156).

CORREIA, Maria. E. F.; ANDRADE, Aluísio. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p. 137-158. 2008.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes**. 2006. Disponível em: < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap4ID-QOAsuHeSsM.pdf>>. Acesso em 22 out. 2013.

COSTA, E. R. Uma visão comentada sobre a Lei da PNRS. s/d. **Revista Petrus**. Disponível em: <http://www.revistapetrus.com.br/uma-visao-comentada-sobre-a-lei-da-pnrs/>. Acesso em 24 out. 2013.

D'ANDREA, A. F. *et al.* Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. 2002. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26 n. 4. 2002.

DEMATTE, J. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. Piracicaba, (SP). **Scientia agrícola**. v. 50, n. 2. 1993.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de. Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica. 2008. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 5, n.2, 2008.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Primeiro relatório semestral de atividades**: Plano de Controle Ambiental. Duplicação da BR-230 perímetro urbano de Marabá, Pará. 2009. Marabá, Pará. 2009.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2002.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Propriedades físicas dos principais solos da Amazônia brasileira em condições naturais**. 1982. Boletim de Pesquisa. Ministério da Agricultura. Belém, Pará. 1982.

FARIAS, T. Q. **Aspectos gerais da política nacional do meio ambiente – comentários sobre a Lei nº 6.938/81**. 2006. Âmbito Jurídico, Rio Grande, IX, n. 35. 2006. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1544>. Acesso em: 21 out. 2013.

FEARNSIDE, P. M.; LEAL FILHO, N. Soil and development in Amazonia: Lessons from the Biological Dynamics of Forest Fragments Project. In: R.O. Bierregaard, C. Gascon, T.E. Lovejoy & R. Mesquita (eds.). **Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest**. Yale University Press, New Haven, Connecticut, U.S.A. 2001. p. 291-312.

FERREIRA, J. M. L. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2005.

FREITAS, M. P. **Flutuação populacional de oligochaeta edáficos em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Jaguariúna. 2006.

GOMES, A. S. **Qualidade do solo**: conceito, importância e indicadores da qualidade. s/d. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=447>>. Acesso em 17 out. 2013.

HOLANDA, M. **Princípios do Direito Ambiental, Lei 6.938/81**. 2013. Disponível em: <http://www.euvoupassar.com.br/?go=artigos&a=fXvZ2Etc6jvdj0vOYONj_BQovi1EyRcLXyRPDfekzHs~>>. Acesso em 21 out. 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=150420>>. Acesso em: 9 jun. 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: Relações solo - planta**. 1979. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Editora Agronômica CERES. Piracicaba, SP. 1979

KONRAD, O.; C, T. B. **A preservação ambiental na visão da política nacional dos resíduos sólidos**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 89, jun. 2011. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?artigo_id=9750&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em 24 out. 2013.

LAVELLE, P. *et al.* Impact of soil fauna on the properties of soil in the Humid Tropics. In: LAL, R; SANCHES, P. A. **Myths and Science of Soils of the Tropics**. Madison – Viscont – USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Chapter 9, p.157 – 185. 1992. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/38610.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determinate ecosystem function. **Advances in Ecological Research**. v. 27. p.132. 1997.

LEITE, E. L.; LOBATO, A. C. N. **Supressão da mata ciliar no entorno de duas nascentes no Rancho Nossa Senhora de Nazaré, Assentamento 1º de Março, município de São João do Araguaia, Pará: sugestões para recuperação**. 2012. Dissertação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Marabá, 2012.

LIMA, S. S. *et al.* Diversidade da macrofauna edáfica em agroflorestais de diferentes estádios sucessionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

LONGO, R. M.; ESPINDOLA, C. R. C - orgânico, NTotal e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.24, p.723 – 729, 2000.

LOPES, A. S. *et al.* **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** s/d. Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo, SP. s/d. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/lt_spd.pdf>. Acesso em 19 nov. 2013.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. São Paulo (SP). **Revista Ciência e Cultura**, v. 59, n.3, p. 31-36, 2007.

MACAMBIRA, M. L. J. **Diversidade de Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) na Estação Científica Ferreira Penna, Município de Melgaço, Pará.** Belém-Pará: CZO_05. Estação científica Ferreira Penna – dez anos de Pesquisa na Amazônia. Belém-PA 2005.

MACEDO, L. P. M. **Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmentos da mata atlântica do estado de São Paulo.** 2004. 126 f. Dissertação (Doutorado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2004.

MACHADO, P. L. O. A. **Manejo da matéria orgânica em solos tropicais.** Rio de Janeiro – RJ: EMBRAPA, 2001. (Documento 24).

MARABÁ, Relatório Arqueológico. **Arqueologia Preventiva na Área Diretamente Afetada pela Duplicação da Rodovia BR-230 – Marabá, Pará.** 2011. Fundação Casa da Cultura de Marabá. Marabá, Pará. 2011.

MERLIM, A. O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de Araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP.** 2005. 103 f. Tese (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2005.

MOÇO, M. K. S. **Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia.** 2006. 96 f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes (RJ). 2006.

NEVES JUNIOR, A. F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central.** 2008. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NBR 18. **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3DCADFC3013F7C5680504D06/NR-18%20\(atualizada%202013\)%20-%20sem%2024%20meses.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3DCADFC3013F7C5680504D06/NR-18%20(atualizada%202013)%20-%20sem%2024%20meses.pdf)>. Acesso em: 21 jul. 2013.

OLIVEIRA, M. L. S. **Indicadores da qualidade de solos sob diferentes sistemas de cultivo com as espécies de Paricá (*Schizolobium amazonicum* var. *amazonicum* HUBER ex DUCKE) e Curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* [L. B. SMITH] COPPENS & LEAL) no município de Aurora do Pará (PA).** 2009. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

OLIVEIRA, T. C. **Avaliação de índices de qualidade física do solo e predição de parâmetros multifractais de solos sob Floresta Estacional Semidecidual.** 2013. Dissertação (Mestrado em

Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipal: Marabá, Pará.** 2013. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Maraba.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2013.

PEIXOTO, M. F. S. P. **Atributos físicos, químicos e biológicos como indicadores da qualidade do solo.** 2008. Notas de aula. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2008.

PEREIRA JÚNIOR, A. **Fertilidade e fauna edáfica em solo sob reflorestamento com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no município de Aurora do Pará.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

PEREIRA, W. L. M. *et al.* Propriedades químicas de um Latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.531 – 537, 2000.

RAIOL, J. A. (coord.). **Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Marabá.** 2010. Belém, Pará. 2010. Disponível em: <http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/geo_maraba.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2013.

RIBEIRO, L. **Era uma vez uma vila.** REVISTA FOCO CARAJÁS. Edição nº 4 marços/abril 2009a. Disponível em: <http://www.fococarajas.com.br/index.php/rev-online-2/category/index.php?option=com_flippingbook&view=book&id=8:edicao42009&catid=4:ano2009&tmpl=component>. Acesso em: 17 jul. 2013.

RIBEIRO, L. **Vila Socó: Moradores querem uma nova casa e mais R\$ 10 mil de indenização para poder deixar a área ocupada.** 2009b. JORNAL OPINIÃO. Marabá, Pará. 2009.

REIS, J. T. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 87, abr 2011. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9150>. Acesso em: 21 out. 2013.

ROCHA, F. M. **Legislação e controle ambiental.** 2007. *The Agro-Energy Expansion and its impacto n the Brazilian Ecosystems.* Rio de Janeiro, RJ. 2007. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/5_Flavio_Montiel_Rocha_IBAMA.pdf>. Acesso em: 21 out. 2013.

ROUSSELET, E. S. **Manual de procedimentos para implantação e funcionamento de canteiro de obras na indústria da construção.** S/d. Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança - SOBES. Disponível em: <<http://sobes.org.br/site/wp-content/uploads/2009/08/canteiro.pdf>>. Acesso em: 21 Jul, 2013.

RUIVO, M. L. P. *et al.* LBA – Esecaflor artificially induced drought in Caxiuanã Reserve, East Amazonia: soil properties and litter spider fauna. **Earth Interactions**, v.11, n.8, p.1 – 13, 2007.

SÁNCHEZ, G. A. R. **Variabilidade espacial do carbono e outros atributos do solo em uma párea destinada ao reflorestamento no Rio Grande do Norte.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.

SANEPAR. **Canteiro de obras** – Especificações. 2012. Manual de obras e saneamento. 4 ed. Módulo 01. Disponível em: < http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-4a-edicao/modulo_1_4ed_v00_-_canteiro_de_obras.pdf>. Acesso em: 21 Jul, 2013.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. **Indicadores de qualidade de solo**. 1999. Empresa Brasileira de Pesquisa de Pesquisa Agropecuária Milho e Sorgo. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/482765/1/Indicadoresqualidade.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2013.

SANTOS, N. **Vila Socó**: Remanescentes querem a criação de um Parque Ambiental. 2009. JORNAL OPINIÃO. Marabá, Pará. 2009.

SILVA, S. B. **Análise de solos**. 2003. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, Pará. 2003.

SILVA, G. R.; SILVA JÚNIOR., M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta Amazonica**. v. 36, n. 2. Manaus. 2006.

SILVA, R. F. *et al.* Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Sci., Agron.** Maringá, v. 30, n. 4. 2008.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* Matéria orgânica em solos de áreas degradadas. In: SANTOS, G. A. *et al.* (Ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do sol: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p. 495-524.

SOUSA, E. **Vila Socó**: Ainda não está definido exatamente para onde os habitantes da área serão remanejados e assim, moradores têm futuro incerto. 2009. JORNAL OPINIÃO. Marabá, Pará. 2009.

SOUSA, S. **Vila Socó**: Comunidade vive esquecida em meio à civilização. 2009. JORNAL OPINIÃO. Marabá, Pará. 2009.

SOUZA, M. I. L. *et al.* Características físicas, químicas, conteúdo de água em solos convertidos de savanas para plantio de *Acacia mangium*. **Revista Agroambiente online**. v.4 n.1, p.20 – 26, 2010.

SUNG, C. T. B. **Software TAL 4.2**. (1996-2002). *Dept. Land Management, Universiti Putra Malaysia*. Disponível em: <www.agri.upm.edu.my/~chris/tal>. Acesso em: 24 out. 2013.

TONGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta Amazônica e dos Cerrados do Brasil central. **Scientia Agricola**. v. 55. N. 3 Piracicaba, SP. 2002.

VEZZANI, F. M. *et al.* Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A. *et al.* (Ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do sol: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p. 483-494.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 33. n. 4. 2009.

VICENTE, N. M. F. *et al.* Fauna Edáfica Auxiliando a Recuperação de Áreas Degradadas do Córrego Brejaúba, MG. 2010. **Floresta e Ambiente 2010**; v. 17. p. 110.

Milena Cristina Dias Barros

Engenheira Ambiental.
milenacdias@hotmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
antonio.junior@uepa.br

**AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 6-**

**RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DE UMA CONSTRUTORA
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS - PA**

Amanda Campos Pinto; Taianaacã Fernandes Brandão Santos; Antônio Pereira Júnior

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-06

INTRODUÇÃO

No Brasil a geração contínua e crescente de Resíduo de Construção Civil (RCC), entulho, composto por papel, papelão, concreto, pedra, gesso dentre outros, está diretamente ligada ao elevado desperdício de materiais na realização de empreendimentos da construção civil. Estima-se que, para cada tonelada de lixo urbano recolhido, são coletadas duas toneladas de entulho originado por esse setor.

Esse dado alarmante revela a necessidade de políticas de controle, coleta, transporte e disposição final e que viabilizem o emprego desses resíduos de construção e demolição reciclados como matéria-prima na confecção de novos materiais (DIAS, 2007). Em estudo realizado no município de Brasília (GEHLEN, 2008), sobre a construção da sustentabilidade em canteiros de obras, revela que 82% dos profissionais ligados ao setor da construção civil, detém conhecimento acerca do que é desenvolvimento sustentável, porém apenas 9% colocam em prática tal conhecimento.

A construção sustentável tem como objetivo a harmonia entre o ser humano e o meio ambiente, gerando considerável redução na degradação, através do uso de materiais reciclados, matérias-primas renováveis, resíduos, ou materiais sem componentes tóxicos e tecnologias que não causem danos ao Meio Ambiente, vindo a se tornar uma construção ecologicamente correta que visa sua auto sustentabilidade (BVSDE, 2008).

Para estabelecer diretrizes sobre esse assunto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 307/2002 (BRASIL, 2002) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para um novo sistema de gestão, obrigando os geradores a reduzir, reciclar, reutilizar, tratar e, por último, dar uma destinação adequada para os RCC's, não eximindo o gerador da responsabilidade, caso tenha contratado uma empresa terceirizada, para fazer o serviço e ela não possua local licenciado para disposição desse tipo de resíduo.

Essa Norma foi apoiada mais ainda a partir da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 - Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010), estabeleceu como princípios o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), onde nele deve estar implementada a gestão dos resíduos da construção civil, a valorização dos resíduos, a produção e consumo sustentável, sendo os recursos, financiamentos ou incentivos da União só repassados aos municípios que possuírem os respectivos planos. Tendo ambas que se adaptem de modo a assegurar que os resíduos tenham destinação ambientalmente adequada.

Enfim, o correto gerenciamento dos resíduos de construção civil em um canteiro de obras deve ser objeto de monitoramento constante, e isso justifica essa pesquisa, além de incrementar a relevância dela e, com isso, contribuir para que o objetivo, que é analisar a realização do processo de gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC) pela empresa x na etapa de fundação do processo de construção no canteiro de obras.

REVISÃO DA LITERATURA

HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A precursora da engenharia civil no Brasil foi criada em 1792 pelo vice-Rei D. Luiz de Castro, e era denominada, Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. A primeira escola de engenharia brasileira foi criada em 4 de dezembro de 1810 pelo então futuro Rei D. João VI, assinando a lei que criaria a Academia Real Militar do Rio de Janeiro, onde nesse período quem executava tais ocupações era chamado de engenheiro militar, mesmo não seguindo a carreira militar. No ano de 1858 foi criado o curso de engenharia civil, ministrados às pessoas que não exerciam a carreira militar, ou seja, aos civis (UFRJ, 2007).

Quanto a esses fatos, estudo de) afirma que a engenharia civil no Brasil iniciou as atividades de forma não regulamentada no período colonial de fortificações e igrejas. Durante esse período agiam dois grupos de profissionais na área de engenharia: os oficiais Engenheiros e os Mestres Pedreiros, onde os primeiros eram oficiais do exército brasileiro, com a finalidade principal de executar obras de engenharia e os Mestres projetavam e construíam as edificações em geral, sendo seus conhecimentos passados de geração a geração (RIBEIRO 2011; TÉSIO, 2007).

Em relação ao processo evolutivo desse setor industrial, percebe-se que no século XX, mais precisamente em 1940, durante o governo de Getúlio Vargas, houve o primeiro grande crescimento na construção civil brasileira, sendo ela considerada a década auge da construção civil no Brasil devido ao forte investimento estatal realizado nesse setor. Na década de 1950 perdeu incentivos do Estado, sendo financiada pela iniciativa privada. Durante o regime militar, na década de 1970 a presença estatal voltou a ocorrer com mais força, deixando a iniciativa privada somente com os prédios de apartamentos e escritórios comerciais (CARDOSO, 2013).

Cardoso (2013) ainda enfatiza que, na década de 1980, o capital privado retorna na construção civil e já começava a existir uma preocupação maior com a qualidade do produto final, fazendo assim com que as construtoras investissem mais em mão-de-obra qualificada de suas equipes.

IMPORTANCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

O setor da construção civil é composto por uma enorme quantidade de atividades, devido a sua magnitude é chamado de macro complexo da construção, que é um conjunto de atividades econômicas, diferentes e interligadas umas às outras. É importante ressaltar que a construção tem um papel fundamental para o progresso nacional, uma vez que edifica obras que sustentam o progresso, gera empregos diretos e indiretos, renda para a população e aprimoram recursos tecnológicos inovadores (ERDEI, 2011).

A construção civil no Brasil é a área que mais possui capacidade de aumentar a taxa de emprego, de produto e de renda, tanto a curto ou médio prazo, uma vez que sua capacidade de absorver mão-de-obra é enorme, fazendo com que as taxas de desemprego caiam em momentos em que a economia não anda bem. Mas para que isso ocorra, é necessário que haja incentivos governamentais que elevem a demanda por produção e, em decorrência desse fato, os produtos e serviços que estão integrados à construção civil aumentem. São produtos vendidos em larga escala como parafusos, pedras, areia, tintas dentre outras, que fazem com que as empresas produzam mais, gerando emprego e oportunidades (MAZANTO, 2014).

A importância da construção civil tem um papel fundamental na elevação da capacidade de produção da economia em geral. Apesar de ela não produzir máquinas e equipamentos e nem elevar diretamente a formação técnica das pessoas, é ela que constrói prédios, estradas, portos, faculdades e uma infinidade de outros tipos de construção que aumentam direta ou indiretamente a capacidade de produção da economia. Tudo que é criado por esse setor da economia possui um proveito muito significativo para a economia e para sociedade, pode-se até discutir eventuais problemas,

notadamente quando envolvem pessoas do setor público, porém não se deve jamais duvidar da importância da construção civil para a economia brasileira (CASTRO, 2012).

RESÍDUOS SÓLIDOS

ETIMOLOGIA DA PALAVRA E O CONCEITO DO TERMO.

Resíduo sólido deriva do Latim *residuu*, que significa o que sobra de determinada substância. A palavra sólida é incorporada para diferenciar de líquidos e gases. A Norma Brasileira de Regulamentação de nº 10004 (ABNT, 2004), apresenta o seguinte conceito para resíduos sólidos:

resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Desde a segunda revolução industrial, no final do século XIX, mais precisamente em 1870, a capacidade industrial aumentou, a produção das indústrias obteve um grande desenvolvimento, as inovações tecnológicas tornaram os bens de consumo artigos “descartáveis”, e o consumismo frenético da geração atual, são fatores que mais contribuem para produção de resíduos, e como ônus de tal desenvolvimento, a geração de resíduo só aumentou e poucas ações estão sendo realizadas para oferecer a destinação mais adequada para tais resíduos produzidos (SOUSA, 2014).

CLASSIFICAÇÃO

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) e a Comissão Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os resíduos sólidos podem ser classificados da seguinte forma:

- a) Resíduos classe I - perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma.
- b) Resíduos classe II A – não-inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- c) Resíduos classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura do ar ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

A PNRS tem como objetivo a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos. Redução do uso dos recursos naturais (Ex.: água e energia) no processo de produção de novos produtos, intensificar ações

de educação ambiental, aumentar a reciclagem no país, promover a inclusão social, a geração de emprego e renda de catadores de materiais recicláveis (SENAC, 2009).

Essa política contempla pontos fundamentais para uma efetiva gestão dos Resíduos Sólidos (RS) através do desenvolvimento de Planos de Gestão dos Resíduos Sólidos na esfera federal, estadual e municipal, e da atribuição de responsabilidade a todos os envolvidos no ciclo produtivo.

Nesse contexto, verifica-se que, no artigo 20 para o RCC, obriga a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para esse tipo de resíduo específico, estando assim, duplamente e legalmente cobrados em relação aos Planos de Gerenciamento desses resíduos, por meio da PNRS e da Resolução CONAMA 307/2002 (FERNANDES, 2013).

Em relação às responsabilidades estabelecidas pela PNRS, às três esferas legislativas são o governo federal, que exerce papel essencial, uma vez que dele depende a coordenação, regulamentação e financiamento das ações que são adotadas em nível local. Os governos municipais responsáveis diretamente pela gestão de resíduos que necessitam lidar com suas restrições orçamentárias e técnicas, além de investir na gestão regional consorciada o que garante a implementação do plano e sua viabilidade financeira. E o setor privado, onde deve ser economicamente atrativo o investimento na gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com alternativas ambientais e socioambientais corretas (OLIVEIRA, 2012)

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 307/02 estabelece diretrizes, critério e procedimentos para gestão dos RCC, por meio do gerenciamento desses resíduos através primeiramente da não geração e secundariamente a redução, reutilização, reciclagem, o tratamento adequado dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Tal resolução também determina que os geradores desses resíduos sejam responsáveis por eles e que a gestão integrada desses resíduos deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômico e ambiental (FERNANDES, 2013).

De acordo com os artigos 5 e 9 dessa Resolução, é obrigatório a elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC) pelos municípios contendo o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Sendo o PMGRCC responsável por orientar os pequenos geradores nas suas atividades e o PGRCC deve ser desenvolvidos pelos grandes geradores e precisarão conter as etapas de caracterização do resíduo, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (PANDOLFO, 2012).

DEFINIÇÃO

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-(BRASIL, 2002), os resíduos de construção civil são:

Os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha (BRASIL, 2002).

CLASSIFICAÇÃO

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os resíduos devem ser classificados a partir da Resolução nº 307 (BRASIL, 2002), os RCC podem ser classificados da seguinte forma:

Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassas, concretos, tubos, meio-fio, solos de terraplanagem, etc.

Classe B – resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, madeiras, etc.

Classe C – resíduos ainda sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para a sua reciclagem/recuperação.

Classe D – perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados.

GERAÇÃO

No Brasil, a geração per capita de RCC é de ordem de 500 kg/hab./ano (ÂNGULO *et al.*, 2003). Isso significa uma geração de 68,5 milhões de toneladas por ano de RCC. No quadro da gestão ambiental urbana, o gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos mais graves e difíceis de trabalhar. No nosso país, tal fato decorre de vários fatores tais como: Crescimento da população urbana, aumento da capacidade produtiva, especialmente na indústria da construção civil, aumento e diversificação do consumo e introdução de novos materiais (Tabela 1).

Tabela 1- Estimativa da geração de RCC em alguns municípios brasileiros.

Municípios	População (1 mil)	Massa gerada (t/dia)	Volume gerado (m³/dia)	Geração per capita (l/habitante ao dia)	Fonte
Catanduva-SP	112	150	125	1,11	Marques Neto (2009)
Fernandópolis-SP	65	82	68	1,05	
Ituitaba-MG	89	67	61	0,68	Tavares (2007)
Lavras-MG	87	56	47	0,57	Troca (2006)
Macedônia-SP	4	6	5	1,25	Marques Neto (2009)
Marissol-SP	53	77	64	1,21	
Olimpia-SP	50	76	63	1,26	
Paulo de Faria-SP	9	17	14	1,56	
Presidente Prudente-SP	202	342	263	1,30	Pinto (2008)
Santa Maria-RS	242	127	106	0,43	Piovesan Júnior (2007)
Santos-SP	418	434	362	0,86	Castro (2003)
São Carlos-SP	197	381	635	3,22	Marques Neto (2003)
São José do Rio Preto-SP	413	1267	1056	2,56	Marques Neto (2009)

Fonte: Adaptado de Córdoba (2010), IPEA (2012).

Na indústria da construção civil, os resíduos são sempre gerados dentro dos próprios processos da obra. Pode-se dizer que há basicamente três fases nas quais o RCC é gerado: fase da construção, fase de manutenção ou reformas e a fase de demolição (HOOD, 2006). Quanto aos tipos de resíduos gerados, verifica-se que na fase de demolição há geração de: concretos, argamassa, rochas, solos e cerâmicas. Eles são uns dos grandes responsáveis pelo esgotamento de áreas de aterro das grandes e médias cidades, já que eles representam mais de 50% dos RSU (PAYERAS, 2005).

Porém, tal geração pode estar relacionada com as obras de infraestrutura urbana, novas edificações, ampliação, reforma e demolição de edificação, de responsabilidade de poder público e iniciativa privada, que são os responsáveis pelo grande crescimento dos resíduos de construção e demolição (MMA, 2005). No país, estima-se que é gerado anualmente algo em torno de 68,5 x 10⁶ toneladas de entulho. Outro fator a se destacar é a extração desnecessária de recursos naturais que poderiam ser evitados com a reutilização e/ou reciclagem do entulho gerado. Portanto se os resíduos oriundos do RCC fossem segregados na hora do descarte poderia haver um aproveitamento maior, diminuindo assim a extração dos recursos naturais e aumentando a vida útil dos aterros sanitários (FRAGA, 2006).

LOGÍSTICA

A cadeia logística desse resíduo pode ser dividida em dois subsistemas distintos, e os mesmos merecem tratamentos específicos, visto a existência de diferentes participantes e etapas em cada um deles (PUCCI, 2006). Esses subsistemas são divididos da seguinte forma:

- **SUBSISTEMA INTERNO À OBRA:** que trata do resíduo gerado por uma tarefa específica, sua segregação, seu acondicionamento no local da tarefa, seu transporte até o local de armazenamento da obra e armazenamento até sua retirada.
- **SUBSISTEMA EXTERNO À OBRA:** compreendendo as etapas de armazenagem do resíduo para retirada, o transporte e sua deposição final, sendo que esse subsistema se apresenta muito mais complexo que o primeiro, visto que as responsabilidades por cada etapa pertencem a diferentes interlocutores.

DISPOSIÇÃO FINAL

Em relação à disposição final do RCC, se depositado inadequadamente o concreto pode contaminar águas do subsolo, não devendo assim, ser considerado um material inerte. Sugere, também, que os resíduos de construção sejam classificados como classe II A e recomendam a reciclagem como uma opção para seu reaproveitamento (JADOVSKI, 2005).

Mas a Resolução CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002) estabelece que esses resíduos não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos domiciliares ou em bota-fora. Também estabelece que a competência para o gerenciamento dos mesmos fica sob responsabilidade dos governos municipais (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006).

Porém, estudos efetuado sobre a disposição final desse tipo de resíduo (OLIVEIRA; MENDES, 2008) concluíram que há custos elevados por parte da Administração Pública na limpeza e remoção desses resíduos de locais inadequados, bem como da construção de um local apropriado para receber os mesmos, esse é um dos grandes problemas enfrentados pelos governantes, o que gera um ciclo vicioso de disposição inadequada e remoção dos mesmos pelas companhias de limpeza pública ou terceirizadas.

Contudo, se o entulho for empregado como matéria-prima ou agregado, ele pode deixar de ser um problema, e tornar-se uma saída para a escassez de materiais granulares (diminuindo o consumo de insumos da construção civil oriundo de processo de britagem de rochas, britas e areia artificial) capazes de ser utilizados para tal fim. O emprego desse resíduo contribuiria igualmente de forma positiva para a diminuição do consumo de insumos da construção civil oriundo de processo de britagem de rochas, britas e areia artificial, uma importante ferramenta no combate a degradação ambiental (BARBOSA, 2012).

Em relação aos RCC's, sabe-se que eles são os grandes responsáveis pelo esgotamento de áreas de aterros em cidades de grande e médio porte, já que correspondem a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos. Eles também originam alto custo ambiental e socioeconômico nestas cidades em

decorrência das deposições irregulares. Esses entulhos apresentam como principal característica a predominância de material inerte, passíveis de serem reaproveitados (PAYERAS, 2005).

Mas, a facilidade de transferir a responsabilidades dos resíduos gerados da obra por meio de empresas especializadas, leva o construtor a falsa impressão de ter solucionado o impacto ambiental gerado, já que o serviço está sendo pago. A corresponsabilidade, apesar de ser abordada na CONAMA 307/2002, não é fiscalizada ou cobrada por órgãos fiscais competentes, habitualmente, verificado no dia-a-dia dos canteiros de obra, simplesmente são dados documentos informando o lugar onde foram postos o resíduo e a identificação das empresas transportadoras à prática dessa atividade (LOPES; CASAGRANDE JUNIOR, 2009).

As disposições irregulares normalmente são resultados de pequenas obras ou reformas realizadas pelas camadas da população urbana mais carente de recursos, normalmente por processo de autoconstrução, porque não dispõe de recursos financeiros para a contratação das empresas coletoras. Esse problema é mais comum em bairros periféricos de baixa renda, onde o número de áreas livres é maior (PINTO; GONZÁLES, 2005).

Quanto às disposições irregulares dos resíduos da construção civil no ambiente urbano, pode-se concluir que elas são o resultado da inexistência de soluções eficazes para a captação destes resíduos, da falta de uma fiscalização eficiente e, até mesmo, da falta de uma conscientização da população quanto aos danos provocados pelos descartes indiscriminados do entulho em locais inadequados. As disposições irregulares dos resíduos da construção civil no meio ambiente urbano geram problemas de ordem ambiental, social e econômica, pois comprometem o meio ambiente, promovem a redução da qualidade de vida da população e aumentam os custos com a limpeza urbana (AQUINO, 2004).

DESPERDÍCIO E RECICLAGEM

Quanto ao desperdício de materiais na realização de empreendimentos, no Brasil, houve uma geração contínua e crescente de RCC. Estima-se, que para cada tonelada de lixo recolhido, são coletadas duas toneladas de entulho gerado do setor de construção civil. Esse dado alarmante mostra a necessidade de políticas de controle, coleta, transporte de disposição final que viabilizem a colocação desse resíduo de construção e demolição reciclados como matéria-prima na composição de novos materiais (DIAS, 2007).

Nesse contexto a maior parte do desperdício desses materiais é de origem mineral: concretos, argamassas, blocos, tijolos, telhas, solos, gesso dentre outros. Diante desse fato, pode-se observar o modelo de construção civil tradicional no Brasil, onde as maiores perdas ocorrem na fase de concretagem, alvenarias, revestimento e acabamento (GEHRKE, 2012).

Percebe-se que a reciclagem se mostra como importante alternativo para a redução da quantidade de resíduos a ser depositados em aterros bem como para diminuir a parcela de matérias-primas necessárias para construção. Alguns resíduos que anteriormente era descartado, hoje já podem ser considerados subprodutos de outras indústrias e são aproveitados como insumos na construção civil. A reciclagem da construção civil é de extrema importância, pois fecha o ciclo de vida dentro do próprio setor, o que gera um equilíbrio entre a oferta de subproduto e demanda (BIGOLIN, 2013).

Nesse caso, a melhoria da reciclagem constitui uma diminuição dos custos de limpeza pública e das obras públicas onde os materiais recicláveis forem utilizados, e, como consequência, melhor aproveitamento das áreas de aterro remanescentes, com a minimização do ritmo de seu esgotamento. O setor da construção civil deve tentar fechar o seu ciclo produtivo, diminuindo a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não renovável (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Portanto, pode-se concluir que a reciclagem possibilita a preservação de recursos naturais com a consequente redução da destruição da paisagem, flora e fauna, e também pode transformar uma fonte de despesas em uma fonte de faturamento, pois reduz custos e gera novas oportunidades de negócios (JADOVSKI, 2005).

RCC E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

Os RCC's no Brasil alcançam altas extensões da massa dos resíduos sólidos urbanos que vão de 51% a 70%. Isso contraria os princípios do desenvolvimento sustentável, esgotando os recursos naturais e destruindo a paisagem (MANSOUR, 2008). Nesse contexto, pode-se afirmar que uma disposição final em local não adequado, causa impacto ambiental. Quanto à definição para esse termo, a Resolução nº 001 (BRASIL, 1986) apresenta a seguinte redação:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986).

Em face dessa definição, percebe-se que novas construções ou reformas em alvenaria, provocam impactos diversos (Ex.: ruído, fluxo intenso de trabalhadores, acúmulo de entulhos) podem criar alguns inconvenientes para as pessoas que moram ou transitam na região onde foram executadas, porém não sendo necessariamente negativos, uma vez que estes podem gerar benefícios ao entorno. Por isso, deve-se sempre levar em consideração a opinião da sociedade quanto a estas intervenções.

Contudo, todas as etapas do processo construtivo causam impactos ambientais, desde a captação da matéria-prima até a demolição, e podem afetar direta e indiretamente, o bem-estar, saúde e segurança da população, as atividades sociais e econômicas, o meio ambiente e os recursos naturais de forma geral (GAEDE, 2008).

Dentro deste cenário, a diversidade de impactos que a construção civil causa ao meio ambiente estabelece matrizes que relacionam três fases distintas, implantação e operação do canteiro de obras, consumo de recursos e por fim incômodos e poluições nos meios físico (solo, ar e água), biótico e antrópico (trabalhador, vizinhança e sociedade) (CARDOSO *et al.*, 2006).

Os bota-foras clandestinos criados pela população local, normalmente de baixa renda, não são usados somente para a deposição dos resíduos de RCC, outros tipos de resíduos também são depositados ali, os não-inertes, volumosos, industriais, urbanos dentre outros, causando um impacto ambiental ainda maior, já que a mistura de vários resíduos irá fazer com que o processo de degradação da área seja mais rápido, diminuindo a possibilidade de uma recuperação futura do local. A ausência da captação desses resíduos traz do mesmo modo impactos sociais, como a obstrução das vias de trânsito, obstrução de calçadas para circulação de pedestres, mau cheiro, poluição visual e o favorecimento da multiplicação de vetores que podem transmitir doenças (PUCCI, 2006).

Nesse contexto, algumas situações impactantes podem ser ocasionadas em longo prazo, como o adensamento populacional e, por isso, deve-se sempre prever equipamentos (como telas para evitar que materiais particulados e pequenos resíduos afetem a vizinhança) urbanos e comunitários para atender a população já residente e também prevendo uma expansão urbana, considerando o uso e ocupação do solo de acordo com o plano diretor e as legislações ambientais daquela região (GAEDE, 2008). As quantidades de RCC produzidas atingem a sociedade em três grandes dimensões (MARQUES NETO, 2009):

a) dimensão econômica: onde se refere aos custos de limpeza pública para remoção e aterramento dos resíduos. Estes serviços são executados pelos órgãos municipais, gerando custos mais elevados;

b) dimensão social: relaciona-se às pessoas que tem a catação como sua única atividade ou forma de sobrevivência, vivendo geralmente no entorno das áreas de deposição;

c) dimensão ambiental: se refere às áreas de disposição clandestina e irregular. Tais áreas, via de regra, são as mais vulneráveis da cidade (córregos, áreas de proteção ambiental áreas de mananciais, entre outras).

Assim, não só o impacto ambiental da cadeia da construção civil no solo ou lençol freático, no ar, sobre a fauna, flora e paisagem, e também sobre o clima, devem ainda ser considerados, mas

também os impactos não ambientais, como aqueles que afetem o emprego, renda e inclusão, acessibilidade e mesmo segurança e saúde, entre outros (BLUMENSCHNEIN, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O método empregado foi o hipotético-dedutivo, pois, de acordo com o exposto por Brito (2001) porque se faz da indução para organizar as ideias e defende, em primeiro lugar, o problema e a conjectura a serem testadas na observação. Complementou-se com o método observativo sistemático. Para melhor elaboração do presente estudo, ele foi dividido em duas etapas.

A primeira etapa foi o levantamento de dados documentais, para maior entendimento sobre o problema, bem como buscar identificar as principais aplicações e destinações dadas para os resíduos da construção civil.

A segunda etapa da realização do trabalho tratou da coleta de dados, que consistiu no acompanhamento *in loco* e verificação do processo de geração do resíduo durante a realização da obra pela empresa objeto de estudo. As visitas ao canteiro de obras foram realizadas durante o mês de setembro, sendo a etapa em que se realizou o estudo foi a de fundação, com registros fotográficos.

ÁREA DE ESTUDO

O Município de Paragominas está localizado no nordeste paraense, e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude Sul 02° 59' 45" e Longitude Oeste 47° 21' 10". Altitude média de 90 m, distante da capital do estado, Belém, a 320 km no sentido Belém-Brasília. Limita-se ao Norte com os municípios de Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá, a Leste com o estado do Maranhão, ao sul com os municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis e Goianésia do Pará e a oeste com município de Ipixuna do Pará (Figura 1).

Figura 1 – Mapa da localização do município de Paragominas – Pará.

Fonte: Lemos (2013).

De acordo com o último Censo Demográfico, a população da cidade, é estimada em 97.877 habitantes e apresenta um crescimento populacional de 2,82% ao ano (IBGE, 2010). O clima do município, é classificado como do tipo quente e úmido, com temperatura do ar média anual de 26°C e umidade relativa do ar média de 81%, a vegetação predominante é do tipo floresta densa, os tipos de solo são os latossolos amarelo com alto grau de intemperismo, profundos, ácidos e ricos em alumínio, é banhada por duas bacias principais: Capim, que se ramifica sobre 54% da área do município e a do Gurupi que ocupa os outros 46% restantes, o relevo possui 35% do território com

altitude de 100 e 150m, 35% entre 50 e 100m, 20% entre 150 e 200m, 6% superior a 200m e 4% se encontram em áreas menores que 50m (IMAZON, 2009).

COLETA DE DADOS

Foram realizados quatro coletas, uma por semana, durante o mês de setembro no canteiro de obras da Empresa x. Para o registro dos dados, as amostras eram realizadas da seguinte maneira, coletou-se os resíduos de forma aleatória, sendo os resíduos pesados 3 vezes para ser retirada a média dos valores obtidos de cada resíduo, foi utilizada uma recipiente plástica com volume igual a 20L, as mesmas foram pesadas em uma balança digital de 150 Kg, que pode ser observado na Figura 2, e os resultados encontrados foram transformados em m³.

Figura 2 – Balança de 20 kg utilizada para pesagem do material coletado no canteiro de obras da Empresa X Paragominas – Pará.

Fonte: autores (2015)

Ao término da coleta de dados da etapa de fundação, lembrando que a densidade obtida foi à aparente, pois não foram levados em consideração os espaços vazios que ficaram no recipiente.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DO DADOS

Os dados obtidos após as coletas foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contida no Excel (2013), com a aplicação da Estatística Descritiva (frequência relativa), bem como Equações para os cálculos de densidade (Equação 1), volume (Equação 2), porcentagem (Equação 3) e massa, em m³ (Equação 4).

$$d = \frac{m(g)}{v(m^3)} \quad (1)$$

Onde: d - densidade; m - massa; v - volume

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FORMA DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

Foi verificado que a Empresa em tela reaproveita parte dos resíduos gerados como, por exemplo, a madeira, que representa 80 m³ (56,6%) do total de resíduos 141,4 m³ (Tabela 2).

Tabela 2 – Resíduos de Construção de Demolição gerados pela Empresa X Paragominas – PA.

Resíduo	m ³	% volume	Kg	% massa	Massa (Kg)	Densidade Kg/m ³
Madeira	80	56,6	117201,933,4	28,5	1465	
Ferro	5,4	3,8	22365,9	6,4	80,7	4141,8
Entulho	48	33,9	178765,350,9	72,5	3724,3	
Sucata	8	5,7	33080,4	9,4	80,5	4135,1
Total	141,4	100	351413,4	100		

Fonte: autores (2015)

Pode-se observar que a madeira e o entulho são os que apresentam maiores volumes e massa apresentando 56,6% e 50,9% respectivamente do total, já a sucata e o ferro são os que apresentam os menores valores com 5,7% e 6,4 % respectivamente, trazendo valores muito inferiores que os da madeira e do entulho.

Os dados obtidos e analisados indicaram que a empresa em estudo possui formas de reaproveitamento dos resíduos por ela gerados nos canteiros de obra. Uma dessas formas é efetivada a partir da segregação dos resíduos gerados em seu canteiro de obra, e são separados em 4 tipos: ferro (Figura 3a), madeira (Figura 3b), e sucata (Figura 3c).

Figura 3 – Segregação dos resíduos de construção civil: a) ferro; b) madeira; c) sucatas. Paragominas PA.

Fonte: autores (2014).

Após a análise dos dados, verificou-se que, de um total de 141,4 m³ (100%) de resíduos gerados, a madeira que representa 80 m³ (56,6%) é encaminhada para a caldeira da empresa que a utiliza como fonte de energia. O resíduo sucata, que representa 5,4 m³ (3,8%), é reutilizado na própria obra, para soldagens dos metais. Em relação ao Ferro e o entulho, que não são reaproveitados dentro da empresa e representam 53,4 m³ (39,6%), são encaminhados ao aterro controlado existente no município.

Acerca do reaproveitamento de RCC, Cunha (2005) efetuou estudo em Belo Horizonte – MG, e concluiu que há um nível de reaproveitamento e em torno de 45% dos resíduos gerados. Nesse contexto, verifica-se que a ação empregada pela empresa em estudo corrobora com os resultados obtidos em Belo Horizonte. Na pesquisa realizada em Paragominas, apenas o reuso da sucata ficou

abaixo de 30%, e o reaproveitamento da madeira ultrapassou o percentual encontrado em Belo Horizonte. Nesse caso, a empresa pesquisada, está no estágio inicial de reaproveitamento dos RCC's.

REDUÇÃO DE MATERIAIS PARA PRODUÇÃO

A análise dos dados obtidos indicou que a empresa pesquisada não se preocupa com as perdas de materiais, que pode ir desde erros na hora do projeto, até a execução de tarefas desnecessárias. Isso foi observado quando das visitas efetuadas in loco, percebeu-se o grande desperdício de material no decorrer das atividades realizadas que teria origem no processo ou execução inadequada dos mesmos, segundo o funcionário responsável pelo setor.

Acerca desse desperdício, foi realizada uma pesquisa no município de Porto Alegre -RS, por Formoso, Cesare e Lantelme (2014), e os dados obtidos indicaram que isso poderia ser evitado, caso a obra possuísse uma política definida de administração de materiais, tanto na aplicação de um controle sistemático para sua utilização, como em relação ao seu gerenciamento. Esses autores também escreveram que fazer o planejamento e controle das perdas desses materiais é essencial para que possa haver uma redução dos materiais e consequentemente do desperdício do mesmo e começa a ser mais utilizado o emprego de materiais recicláveis.

Em Paragominas, devido à negligência quanto ao desperdício fica evidente que a empresa não possui conhecimento da magnitude das perdas acontecidas no canteiro de obra, contrariando o CONAMA 307/02, artigo 2º, inciso V, que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos que visa a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos para desenvolver e implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas nos programas e planos da empresa.

CONTROLE, ARMAZENAMENTO, TRANSPORTES E DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS.

Quanto a matéria prima que é utilizada no canteiro de obras, os dados obtidos indicaram que ele chega através das empresas que forneceram a mesma, posteriormente são encaminhados para o almoxarifado da empresa onde ficam estocadas, porém, a mesma não possui controle da saída desse material, ou seja, não tem conhecimento dos gastos dessas matérias, assim não regula suas perdas.

Em relação ao controle, armazenamento, transporte e degradação de materiais, Almeida Júnior (2000), efetuou um estudo em Taubaté - SP, sobre a recepção controle e estocagem de materiais de construção, e afirmou que essas medidas administrativas devem ser itens obrigatórios no Plano de Gerenciamento da empresa para verificação dos gastos e mitigação dos custos. Na empresa pesquisada em Paragominas, não há uma Gestão de Materiais. Tal afirmativa prende-se ao fato de que, sem controle da entrada e saída de matéria-prima, isso pode vir a gerar uma superlotação dos almoxarifados ou haver desperdício de materiais, já que a falta da administração da quantidade de materiais faz com que não se tenha noção do quanto de material é existente na empresa.

Quanto ao transporte dos materiais foi verificado que é realizado por empresas terceirizadas, onde o material é comprado. Quanto a destinação do resíduo gerado na empresa, o transporte é realizado pela mesma, através de caminhão, entretanto, não tem dia fixo de coleta desses resíduos, sendo que a maior frequência de coleta é uma vez por semana, sem um dia fixo para a realização da atividade, e quanto a destinação do mesmo, segundo o funcionário da empresa, todos os resíduos que não são encaminhados para a caldeira são dispostos no aterro controlado do município.

CONCLUSÃO

A necessidade de que seja implantado um plano de gerenciamento de resíduos de construção na empresa pesquisa, para a diminuição da geração dos RCC's, até a disposição final, para ela não ocorra em locais inapropriados, além de proporcionar reciclagem desses resíduos, que pode ser

executada dentro do canteiro de obras, para assim poder mitigar a quantidade de matéria prima utilizada e reduzir a sua extração. Logo, o desequilíbrio causado por inexistência de ações que mantenham a harmonia ambiental, necessita urgentemente de ações importantes para incentivar a implantação de diretrizes municipais que permeiem tais ações.

SUGESTÕES

Recomenda-se que a partir da realização dessa pesquisa, as construtoras saibam e assumam suas responsabilidades como geradora de RCC's seja de pequeno, médio ou grande porte, além de fazer o plano de Gerenciamento de Resíduo de Construção Civil e executando-o, dando o município subsídios que apoiem e incentive tais iniciativas, e o principal, que Paragominas saia da inércia e crie um local para destinação adequada de seus resíduos e é preciso uma fiscalização mais atuante dos órgãos ambientais fazendo-se mais presente para que seja cumprido as determinações da leis.

Torna-se necessário realizar uma gestão integrada desses resíduos que irá trazer benéficos na área ambiental, social e econômica. Deverá ser feito também uma mudança de hábitos dentro da empresa que deve ir desde o operário até o dono da empresa, começando pela conscientização e sensibilização ambiental, importância do gerenciamento desses resíduos, o porquê desse gerenciamento dentre outras.

É imprescindível que seja feita a fiscalização no canteiro de obra, educação ambiental, capacitação de todos os funcionários da empresa relacionado ao gerenciamento de RCC com o intuito de alcançar metas de não geração, minimização, reciclagem, reutilização e segregação dos resíduos desde o início da obra, com o manejo apropriado dos resíduos dentro do local de trabalho, para posteriormente ser realizado o recolhimento e levado ao local apropriado e licenciado. São ações que possuem um caráter de fundamental importância para que os RCC's tenham sua destinação final correta.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR – 10.004: **Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: novembro, 2004. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2014.

ANJOS. H. M. 2014. Foto Coleção particular.

ALMEIDA JUNIOR, L. A. **O gerenciamento do suprimento, manuseio e armazenamento na construção civil**. 2000. Monografias (Graduação em MBA - Gerência Empresarial). Universidade de Taubaté, São Paulo, 2000.

A importância da construção civil. **Mazanto**, Rio Grande do Sul, 13 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.manzato.com.br/pt-br/noticias/a-importancia-da-construcao-civil-61>>. Acesso em: 30 set. 2014.

ÂNGULO, S. C. *et al.* **Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição**. In: **VI Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil**. IBRACON CT-206. São Paulo, 2003.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. In: **Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil**, 4, 2001-materiais reciclados e suas aplicações. CT206-IBRACON. São Paulo, 2001.

AQUINO, M. D. *et al.* **Proposta de Gestão Sustentável dos Resíduos Sólidos da Construção Civil no Município de Fortaleza**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária. 2004. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-100.pdf>> Acesso em: 7 ago. 2014.

AZEVEDO, G. O. D. A; KIPERSTOK, A; MORAES, L. R. S. **resíduo da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável**. [sol.], 2006.

BARBOSA, J. **Destinação dos resíduos sólidos de construção e demolição do Município de Passo Fundo- RS: Desafios e Perspectivas**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental; Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2012.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2004.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 307, de 5 jul. 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília-DF. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf>. Acesso em: 07 out. 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 001, de 23 jan. 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

BRITO, A. **Metodologia científica**, Paraná: Pontífice Universidade Católica, 2001. Disponível em: <http://www.ppgia.pucpr.br/~alceu/mestrado/MC/MCIC_01_v3.pdf>. Acesso em: 25 out. 2014.

CARDOSO, F. F. *et al.* **Impactos ambientais dos canteiros de obra: uma preocupação que vai além dos resíduos**, In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. Florianópolis 2006, p. 3550-3559.

CARDOSO, W. **Construção Civil no Brasil. Engenharia e**, [s.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariae.com.br/colunas/construcao-civil-no-brasil/>>. Acesso em: 01 out. 2014.

CARNEIRO, F P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CASTRO, F. **A força e a importância da construção civil na economia brasileira**. DZAI, 2012. Disponível em: <http://www.dzai.com.br/franciscocastro/noticia/montanoticia?tv_ntc_id=66538>. Acesso em: 10 out. 2014.

CUNHA, J. N. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para Construção Civil**. Belo Horizonte (MG): Brasil.2005.

DIAS, E. C. M. **Gerenciamento de resíduos na construção civil**. São Paulo – SP. 2007. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Anhembí Morumbi. 2007.

ERDEI, L. F. T. Importância da Construção Civil para a Economia do Brasil. **Salário mínimo**, [s.l.]. 2011. Disponível em: <<http://www.salariominimo.net/2011/02/21/importancia-da-construcao-civil-para-a-economia-do-brasil/>>. Acesso em: 01 out. 2014.

FERNADES, M. P. M. **Apreciação de boas práticas visando a geração de um modelo para a gestão municipal dos resíduos da construção civil**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. UFRGS, Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2014.

FRAGA, M. F. **Panorama da geração de resíduo da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recurso Hídricos) – Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GAEDE, L.P. F. **Gestão dos resíduos da construção civil no município de Vitória - ES e normas existentes**. 2008. Monografia (Graduação em Especialização em construção civil). Universidade federal de Minas Gerais, 2008.

GEHLEN, J. **Construção da Sustentabilidade em Canteiros de Obras – Um estudo DF**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GEHRKE, A. E. B. **Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Apoio a Gestão Pública de Resíduos da Construção Civil em Município de Pequeno Porte**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia); Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <www.ibge.gov.br/catálogos/indicadores>. Acesso em 10 out. 2014.

IMAZON. INSTITUTO HOMEM DA AMAZÔNIA. **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Belém, 2009.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília, 2012.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LOPES, A. F.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F. **A importância do Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para a proteção ambiental e segurança do trabalhador em obras: Estudo de caso da cidade de Curitiba**. In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E CCOMUNIDADE SUSTENTÁVEIS, 2009, Recife, 28 out., 2008. p.1-8.

MANSOUR, E. D. **Gestão de resíduos da construção civil no município de Fortaleza - CE**. 2008. Monografia (Graduação em Direito Ambiental). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manejo e gestão de resíduo da construção civil**. Brasília, 2005.

MARQUES NETO, J. C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do turvo grande**. São Carlos – SP, 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2009.

MENDES, C. F. **Paisagem Urbana: uma mídia redescoberta**. São Paulo. Senac. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. **Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil e Demolição: Estudo de Caso da Resolução 307 do CONAMA**. 2008. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

OLIVEIRA, L. N. **Coleta seletiva no município de Santa Maria (RS): Panorama, limitações e oportunidades**. 2012. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PANDOLFO, F. **Proposta de projeto de gerenciamento de resíduo da construção civil para um empreendimento localizado em Porto Alegre**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PAYERAS, D. R. **Levantamento dos resíduos sólidos gerados pela personalização não planejada de apartamentos: estudo de caso em Porto Alegre/RS**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PINTO, T. P.; GONZALES, J. L. R., (Coord.) **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios**. Parceria Técnica entre o Ministério das Cidades, Ministérios do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal. Brasília: CAIXA, 2005.

PUCCI, R. B. **Logística de Resíduos de Construção Civil Atendendo à Resolução CONAMA 307**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, N. P. Contribuição para uma ‘história da construção no Brasil. SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 2011, São Paulo. **Anais XXVI**- São Paulo: ANPUH, 2011.

SENAC. SERVIÇO NACIONAL DO COMÉRCIO. **SENAC e educação ambiental**. Rio de Janeiro: Senac, v. 1, n.1, 1992 –Disponível em: <http://www.senac.br/informativo/educambiental/EA_022009/EA2_2009.pdf>. Acesso em 20 out 2014.

SOUSA, R. Segunda Revolução Industrial. **Revista Brasil Escola**, Rio de Janeiro. 2014 Disponível em < <http://www.brasilecola.com/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm> >. Acesso em: 04 set. 2014.

TÉSIO, P. R. A evolução da engenharia civil no Brasil, nos últimos 100 anos, na construção e restauração de edificações históricas: o caso da estação da luz. 2007. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.

UFG. Universidade Federal de Goiás, s/d. Goiás: Labogef. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/metodo_metodologia_19263.pdf>. Acesso em: 25.out, 2014.

UFRJ. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO: história da escola politécnica. Disponível em: <http://www.poli.ufrj.br/politecnica_historia.php>. Acesso em: 30 out. 2014, 2007.

Amanda Campos Pinto

Engenheira Ambiental.

camanda00@hotmail.com

Taianaacã Fernandes Brandão Santos

Engenheira Ambiental.

taianaacafbsantos@gmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais

Universidade do Estado do Pará.

Departamento de Engenharia Ambiental.

antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 7 -

INFLUÊNCIA DE ÁREAS VERDES NA TEMPERATURA DO AR URBANA:
ESTUDO DE ÁREAS ADJACENTES AO PARQUE AMBIENTAL –
PARAGOMINAS - PA.

Katheer Lameira de Araújo; Keren Judite Rodrigues dos Santos; Antônio Pereira Júnior.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-07

INTRODUÇÃO

A urbanização, que se intensificou no século XX, supõe a substituição de ambientes naturais por centros construídos, onde o meio está organizado para permitir a sobrevivência do homem. Ao criar este ambiente artificial a partir da concentração de indústrias, do adensamento das edificações, da impermeabilização do solo e diminuição das áreas verdes, entre outros padrões específicos do uso urbano, o homem atua como agente modificador do clima local. Estas mudanças resultantes do processo de urbanização geram o denominado “clima urbano”, definida como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 2003).

Diversos autores (CORREA, 2008; FROTA, 2003; NÓBREGA; VITAL, 2010) têm relatado as diferenças microclimáticas promovidas nas cidades pelo processo de urbanização. Sabe-se que mudanças na paisagem cênica determinam condições que interferem diretamente na qualidade de vida dos habitantes das cidades.

Nesse contexto, o processo de urbanização da origem ao chamado “ecossistema urbano”. Tal denominação refere-se à substituição do *habitat* natural por outro mais adequado às necessidades das pessoas. Entretanto, o ambiente artificial tem excedido no metabolismo de seus habitantes, a necessidade crescente de equilíbrio entre homem e meio ambiente, envolvendo elementos naturais, como espaços livres de construções, presença de vegetação e água (MODNA; VECCHIA, 2003)

Quanto a essas modificações do clima nas cidades, elas podem ser ocasionadas pelos seguintes fatores: presença de poluentes no ar; os materiais utilizados nas construções e uso da pavimentação em lugar do solo natural; a grande densidade de ocupação; as atividades humanas geradoras de calor; a remoção das águas das superfícies e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio a presença de poluentes no ar. O ambiente urbano apresenta características climáticas em escala local (BARBUGLI, 2004)

Consequentemente, a cidade e o dinamismo urbano atuam como geradores de um clima urbano. Pois, a modificação do espaço, em forma de verticalização das edificações, impermeabilização do solo e redução das áreas verdes, ou seja, essas alterações ocorrem em função de atividades antropogênicas. Essas ações, direta ou indiretamente favorecem a formação de microclimas distintos em diferentes regiões da cidade ocorrendo assim, o fenômeno denominado ilha de calor (ROSSI; KRUGER, 2005).

Dentre as diversas transformações que ocorrem no espaço urbano pode-se citar a supressão vegetal, que é um dos maiores fatores contribuintes para alterar o clima da cidade, por meio de mudanças nos seus elementos meteorológicos como, por exemplo, a umidade relativa do ar. Por isso, ao se discutir as mudanças climáticas causadas pela urbanização, atribui-se a própria cidade, uma das responsabilidades pelo aquecimento, já que se produz calor, metabolismo da massa dos seres vivos e dos animais, adicionado pela combustão de milhares de veículos motorizados, mas, a principal causa advém da substituição da vegetação por construções, o que contribui para diminuir a umidade relativa do ar, devido a drenagem e impermeabilização de áreas úmidas (FEITOSA, 2010).

Em consequência disso, as áreas verdes contribuem significativamente para resfriar a cidade, economizar energia, além de reduzir a temperatura do ar urbana. O sombreamento do solo proporcionado pelas árvores favorece a proteção de edificações térreas, atenua o efeito estufa, filtra

poluentes, absorve barulho, previne a erosão e proporciona privacidade, a eficiência, no entanto, depende de sua intensidade, forma, dimensão e localização (COSTA, 2003).

Outro aspecto relevante diz respeito ao conhecimento das condições climáticas dos espaços urbanos, as quais possuem fundamental importância para o planejamento urbano. Os estudos do clima urbano existente, dificilmente procuram fazer a aplicação prática dos resultados encontrados, limitando o potencial de informação existente nesse tipo de pesquisa (CONCEIÇÃO; DAMASCENO, 2007).

Em Paragominas, observou-se que o crescimento urbano na última década (27,91%). Com isso, a população urbana elevou-se para 76.478 habitantes (POPULAÇÃO DO BRASIL, s/d), e isso tem proporcionado perda da cobertura vegetal e, conseqüentemente, da reflectância (CHIQUETTO, s/d). Logo, o processo de arborização não acompanhou o que ordena a Organização Mundial de Saúde (OMS) quanto a área verde em relação ao número de habitantes ($12 \text{ m}^2/\text{habitante}$).

Para compensar esta perda, as ruas e avenidas construídas atualmente nesse município, encontram-se ornadas com palmeiras imperiais (*Roystonea oleracea*) que não proporcionam sombreamento adequado e isso resulta na elevação do desconforto térmico sentido pela população na atualidade. O processo de pavimentação de calçadas (cimentação) e asfálticas de ruas e avenidas e o número de construções de unidades arquitetônicas tanto horizontais quanto verticais, o que provocou tendência de elevação na temperatura do ar do ar e diminuição da evaporação da água contida no ar atmosférico, proporcionando um clima "desértico".

Logo o crescimento populacional e urbano atua na perda da cobertura vegetal e incrementa a elevação da temperatura do ar do ar, perda da umidade, o que aumenta o desconforto térmico local, e necessita ser estudado com afinco, o que justifica esta pesquisa e incrementa a relevância da mesma, e permite alcançar o objetivo que foi a verificação da influência da vegetação tanto na temperatura do ar quanto umidade relativa do ar em áreas adjacentes ao Parque Ambiental Adhemar Monteiro, no município de Paragominas – PA, e, finalmente, sugerir medidas urbano-ambientais para melhoramento nas adversidades encontradas nessa relação.

REFERENCIAL TEÓRICO

CLIMA

Clima é o estado médio da atmosfera sobre um lugar, mais exatamente “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da Terra” (CONTI, 2006). De acordo com este autor, esta definição é simples e cômoda, por isso, o mesmo redefiniu o clima como "a série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual".

O estado médio da atmosfera assume posição de destaque nos estudos ambientais, pois os seus elementos e fatores encontram em constante interação com as outras esferas do meio ambiente. As condições climáticas influenciam e são influenciadas constantemente pelos elementos da paisagem, como a vegetação e a própria dinâmica da sociedade (PAIVA, 2010).

Os fatores do clima, ou controles climáticos, são definidos como aquelas características geográficas estáticas diversificadoras da paisagem, como Latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade, maritimidade e atividades humanas (COSTA, 2003).

Os efeitos da Latitude estão relacionados com a terra e o sol, e envolve o movimento aparente do sol ao longo do ano. Como consequência do movimento de translação da terra e também da inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da elíptica, há variação espacial e temporal do ângulo de incidência dos raios solares na superfície (CORRÊA, 2008).

A Latitude é o fator mais relevante no meio atmosférico, pois este influenciará o ângulo de incidência da radiação solar (Figura 1), alterando, conseqüentemente, a quantidade de energia solar recebida em cada local. Quanto mais perpendicularmente incidir um feixe de raios solares, menor

será a área de superfície por ele atingida, consequentemente, maior será a concentração de energia por unidade de área. Como a transferência de energia da superfície para o ar é o principal responsável pelo aquecimento do mesmo, o seu aquecimento se dará na mesma proporção da intensidade de energia absorvida na superfície (BORGES, 2009).

Figura 1 - Solstícios para o Hemisfério Sul.

22/12: Solstício de verão (Hemisfério Sul)

22/06: Solstício de inverno (Hemisfério Sul)

Fonte: Borges (2009).

Leva-se em conta, a altitude relativa ao nível do mar, se mantidos parâmetros ambientais os outros fatores climáticos como, por exemplo, a precipitação, pois, o aumento daquela ocasiona diminuição da temperatura do ar, em consequência da rarefação do ar e da diminuição da pressão atmosférica. Há, em média, um decréscimo de 0,6°C a cada 100 m de altitude, embora esse valor seja modificado pela concentração de vapor d'água na atmosfera (CORRÊA, 2008).

Outro fator, é a topografia do local (Figura 2), pois, ela é um importante atributo de definição da forma urbana. Em decorrência da variação da forma, declividade e orientação de suas vertentes a topografia caracteriza-se como um importante fator responsável pela diversificação dos padrões climáticos. O relevo é o resultado da diferença vertical relativa (altura) entre vários pontos contidos numa área específica. As zonas com relevo plano ou acidentado podem acontecer tanto nas grandes altitudes quanto abaixo do nível do mar (BORGES, 2009).

Figura 2 - Perfil topográfico regional ao longo da rodovia BR 010.

Fonte: KOTSCHOUBEY *et al.* [s/d].

Ademais, as formas naturais do relevo bem como as artificiais, introduzidas pelo ser humano sobre a superfície interferem tanto no período de duração do sol quanto no ângulo de incidência solar o que pode acarretar em uma redução na quantidade de radiação recebida pela superfície (Figura 3).

Figura 3 - Influência do relevo no clima.

Fonte: Barbugli (2004).

Em virtude da trajetória solar e da orientação do relevo, as vertentes podem estar expostas a condições de radiação direta ou sombra, originando ambientes aquecidos e mais secos ou mais frios e úmidos, respectivamente. Da mesma forma, nas cidades, áreas densamente ocupadas e verticalizadas deverão receber menos radiação na superfície do solo urbano e maior incidência sobre as coberturas (BARBUGLI, 2004).

Consequentemente, a vegetação pode proporcionar vantagens ao ambiente urbano, ornamentando-o, fornecendo sombra e reduzindo o consumo de energia nos períodos quentes. Possui relação com microclimas urbanos, controlando a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a ação dos ventos e das chuvas. As vantagens fornecidas ao clima urbano, pelas áreas verdes, dependem do tipo de vegetação e de seu porte, idade e período do ano (FEITOSA, 2010).

Por fim, deve-se considerar os fatores de oceanidade e continentalidade porque ambos se referem à condição de um local situado próximo ao mar ou oceano, e no interior do continente, com efeitos decorrentes dessa condição. Mares e oceanos são moderadores térmicos, ou seja, sua flutuação térmica é menor ao longo do dia e do ano, devido ao maior calor específico da água em relação aos solos (vegetados ou não). Essa característica é transmitida à atmosfera de localidades litorâneas, onde a amplitude térmica do ar é menor que a das localidades situadas no interior do continente (COSTA, 2003).

Os elementos climáticos, como os atributos físicos, caracterizam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local, é representada pela radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão que manifestam através da precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e frio, de acordo com a diversidade geográfica (PAIVA, 2010).

Tal radiação, também denominada eletromagnética emitida pelo Sol, se estende por um espectro que é caracterizado por três regiões distintas: a região do ultravioleta (comprimento de onda de 290nm a 380nm), do visível (comprimento de onda entre 380nm e 780nm) e do infravermelho próximo (comprimento de onda 780nm a 2500nm), sendo que esta região do espectro eletromagnético é considerada como onda curta (Figura 4). Logo, a radiação solar causa muitos efeitos nos centros urbanos e a vegetação é um dos elementos que pode ser utilizado para bloquear sua incidência e contribuir para o equilíbrio do balanço da energia nas cidades (PAULA, 2004).

Figura 4 - Irradiância espectral padrão da NASA/ASTM, na distância média entre o Sol e a Terra, e constante solar de 1353 W/m^2 .

Fonte: Paula (2004).

Em relação a temperatura do ar do ar, ela é um índice que expressa a quantidade de calor sensível de um corpo, sendo um dos efeitos mais importantes da radiação solar. As variações temporais e espaciais são condicionadas pelo balanço de energia na superfície. A temperatura do ar máxima ocorre com uma desvantagem de duas ou três horas em relação ao horário de maior irradiância solar (às 12 horas em dias sem nuvens), enquanto que a temperatura do ar mínima ocorre antes do nascer do sol, em função do resfriamento noturno. Ela depende de Latitude, da proximidade de corpos hídricos, do relevo e do deslocamento de grandes massas de ar (COSTA, 2003).

Outra temperatura do ar, a radiante média (TRM) também tem uma influência considerável nas condições de conforto das pessoas traduzindo o processo de transferência de calor por radiação das superfícies circundantes do ambiente para as pessoas. A temperatura do ar do ar pode ser medida por termômetros, sendo comumente dada em Graus ($^{\circ}\text{C}$) ou em Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) (CORRÊA, 2008).

Em relação a umidade relativa do ar atmosférico, ela é proveniente da evaporação das águas dos oceanos, rios e superfície úmidas, além do processo de transpiração das plantas, e pode ser expressa de duas formas: umidade absoluta e relativa. A capacidade de o ar em conter o vapor de água varia progressivamente com a temperatura do ar contida nessa massa úmida, consequentemente, a distribuição da quantidade é variável ao redor da terra, sendo mais elevado nas zonas equatoriais variando nos trópicos e diminuta polos (BORGES, 2009).

Não raro, a umidade relativa varia ao longo das horas do dia e épocas do ano. Isto ocorre devido às mudanças diurnas e anuais na temperatura do ar do ar, que determinam a capacidade potencial do ar em conter determinada quantidade de vapor d'água. Este, por sua vez, é distribuído sobre a superfície da terra pelos ventos.

Já a precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico de grande relevância na vida de todos os seres do planeta pelo fato de responder pelo abastecimento dos recursos hídricos e pela alimentação das populações. A chuva ou precipitação pluvial, nas regiões tropicais, é a principal forma pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre após os processos de evaporação e condensação, completando assim o ciclo hidrológico (COSTA, 2003).

Todavia, as chuvas podem sofrer deslocamentos, porque os ventos transportam massas de ar oceânicas ou continentais contendo água evaporada, cujos contrastes entre elas contribuem para diminuir as variações térmicas, aumentar a umidade relativa, formar brisa e alterar o sistema pluviométrico. Aliadas a esses parâmetros, que determinam as condições que regem o clima, estão a topografia do terreno e o revestimento do solo, que também exercem influência na formação de microclimas. Isso acontece, porque os ventos desempenham importante papel sobre a temperatura do ar, pois, tornam o aquecimento da atmosfera menos diferenciada entre as regiões. (FEITOSA, 2010).

Por fim, a nebulosidade é a cobertura do céu por nuvens. Dependendo da quantidade e do tipo de nuvens, estas, podem agir como uma barreira à entrada de raios solares como também à dissipação de calor para a atmosfera pelas superfícies urbanas (PAIVA, 2010). Aquela afeta a quantidade de radiação solar que deveria atingir a superfície terrestre, pois se for suficientemente espessa e ocupar maior parte do céu, pode formar uma barreira que impede a penetração de parte significativa da radiação solar direta. Do mesmo modo, pode dificultar a dissipação na atmosfera do calor desprendido do solo à noite (FROTA; SHIFFER, 2003).

MICROCLIMA

Define-se microclima como resultado das variações climáticas decorrentes de um espaço de proporções reduzidas, onde os principais elementos climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar, radiação, e velocidade do vento) sofrem influência direta do seu entorno: elemento geográfico (topografia), edificações (gabarito, ocupação), malha urbana, revestimentos, vegetação. Quanto ao termo “microclima”, ele tem sido amplamente utilizado para designar as especificidades do clima no espaço urbano, embora ainda não possua definições mais precisas (BORGES, 2009; PAIVA, 2010), porém, é modificado pela ação humana sobre o seu entorno. As alterações entre climas de um local estão relacionadas com particularidades do local, tendo ainda a contribuição dos resultados de práticas humanas capazes de gerar novos climas, cujas características variam entre bairros, entre ruas e até entre residências vizinhas (FEITOSA, 2010).

CLIMA URBANO

O clima urbano é a modificação do clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela rugosidade do tecido urbano, ocupação, permeabilidade ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem. É aquele próprio das cidades e áreas urbanas, correspondendo às características do clima original da região onde se assenta a cidade e modificadas localmente pela ação do ser humano. As principais características deste tipo de clima consistem em: aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa, maior nebulosidade e precipitação, diminuição da velocidade do vento, aumento da turbulência (BORGES, 2009).

O clima urbano é proveniente da interação advinda dos fatores urbanos com o clima regional e com o meio físico pré-existente, portanto as ações antrópicas modificam a paisagem natural, convertendo-a em um ambiente altamente impermeabilizado. O clima em todo o ambiente urbano não é homogêneo devido à influência de fatores condicionantes que podem ser os tipos de uso do solo, adensamento urbano, índice de áreas verdes e emissão de poluentes, pois corresponde às atividades desenvolvidas naquele local (SOUZA *et. al.* s/d).

Um modelo de climatologia urbana que permite traçar o perfil das ilhas de calor nos grandes centros urbanos é mostrado na Figura 5. Ele distingue duas camadas consideradas na atmosfera urbana, a camada do dossel urbano, que incorpora a escala que vai do nível do solo até altura média das coberturas; e/ou camada limite superior, cuja abrangência corresponde à escala mesoclimática criada pela influência da malha urbana como um todo (MENDONÇA, 2003).

Figura 5 - Representação esquemática da atmosfera urbana.

Fonte: Mendonça (2003).

O estudo do clima urbano pode abranger diversas escalas: a microclimática, que reflete a influência dos elementos urbanos individuais; a topoclimática, referente ao clima de uma área com características homogêneas, como tipo de ocupação do solo comum ou condições topográficas específicas; e a mesoclimática, ou seja, àquela correspondente a influência integrada da cidade (ANDRADE, 2005).

PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A urbanização é um fenômeno que impacta o meio ambiente, em especial as condições climáticas, quando as superfícies do solo são substituídas por diferentes formas de ocupação do solo, alterando as condições naturais do ambiente local. Existem vários estudos (CONTI, 2006; CORRÊA, 2008; COSTA, 2003; MODNA: VECCHIA, 2003) que abordam a questão do clima urbano e constataam que a urbanização e as atividades antropogênicas consequentes desse processo, respondem pela formação de microclimas na cidade.

O crescimento da população acontece na proporção do crescimento de áreas edificadas para atender a demanda básica do contingente de pessoas introduzidas em espaços reservados para habitação, comércio, serviços e indústrias. Esse fato aconteceu a partir do século XX, quando os resultados das atividades industriais e antropogênicas atuaram na atmosfera, e provocaram modificações no padrão natural do ambiente e nos elementos meteorológicos (FEITOSA, 2010).

A degradação ambiental e a diminuição da qualidade de vida nas cidades vêm se agravando à medida que a urbanização se intensifica. Assim, o estudo do clima urbano tem atraído a atenção de diversos ramos das ciências, pois ela intensifica a urbanização e altera significativamente os parâmetros climáticos. Logicamente estas alterações variam de cidade para cidade em virtude da intensidade de uso do solo, do processo de crescimento urbano e das características geológicas do lugar (LEÃO, 2008).

Neste âmbito, um dos elementos do ambiente natural que é intensamente modificado, é o clima. O grande número de veículos e indústrias que lançam toneladas de poluentes para a atmosfera como, por exemplo, o dióxido de carbono (CO_2); os prédios que mudam a rugosidade superficial, dificultam e impedem a circulação dos ventos; o asfalto e os calçamentos que alteram o albedo da superfície, armazenando calor; a diminuição das áreas verdes que são responsáveis pela retenção de poluentes e pelo sombreamento, além da manutenção de ambientes com temperatura do ar, amenas.

São alguns dos fatores que geram mudanças profundas no clima local (CONCEIÇÃO; DAMASCENO, 2007).

Portanto, em grandes centros urbanos, o aumento da temperatura do ar do ar está também associado à concentração de veículos e indústrias, que potencializam a produção artificial de calor. Assim, a radiação infravermelha que é emitida da superfície para o espaço fica retida pela camada de poluição, comum nestes centros, provocando um efeito estufa local (CORRÊA; CORRÊA; ANDRADE, 2012).

O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A relação entre o uso e ocupação do solo com o clima é que, quanto maior a concentração de elementos contendo atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços, maior a transmissão de calor e de poluentes atmosféricos, e consequentemente maiores as alterações climáticas (CORRÊA, 2008).

Nesse contexto, a influência do uso e ocupação do solo na configuração de microclimas urbanos demonstra que o espaço construído contribui para a criação de condições climáticas diferenciadas e, na maioria das vezes, desconfortáveis do ponto de vista térmico para os habitantes da cidade. Essas condições climáticas diferenciadas não acontecem somente entre cidade e entorno rural, mas, dentro da própria área urbana, visto que, existem diversos espaços e padrões de ocupação do solo que condicionam microclimas em função de fatores que amenizam ou tornam as condições climáticas regionais mais rigorosas (CONCEIÇÃO; DAMASCENO, 2007).

Enfim, as mudanças no uso do solo não causam mudanças diretas nos elementos climáticos, mas eventualmente instalam novos fatores. Como exemplo, pode-se citar o fato de atividades comerciais e prestação de serviços atraírem um maior fluxo de veículos em horários comerciais, o que pode acarretar um aumento de temperatura do ar em determinados horários do dia e em determinados dias da semana (COSTA, 2003).

CONFORTO TÉRMICO

O termo “conforto térmico” aplica-se tanto em relação aos ambientes internos como aos externos. O meio externo urbano é fruto das condições ambientais, mas sofre grande influência das atividades exercidas pelo homem, como a poluição de automóveis e a produção de energia pelas edificações. O conforto térmico é então, influenciado pelas condições ambientais, que vêm sendo ameaçadas também pela impermeabilização do solo e mais especificamente pela ausência de vegetação, além das transformações requeridas pelas necessidades do homem no espaço urbano (PAIVA, 2010).

Nesse contexto, tanto a temperatura do ar do ar quanto radiante, além da umidade relativa e a movimentação do ar influem na sensação térmica do homem. O homem é um ser endotérmico, mantém a temperatura do ar do corpo constante ($\pm 37^{\circ}\text{C}$). Ele é uma máquina térmica, que produz energia térmica por meio do processamento dos alimentos ingeridos (BUENO-BARTHOLOMEI, 2006).

Por isso, o organismo humano experimenta a sensação de conforto térmico quando seu organismo está em equilíbrio térmico com o ambiente (Figura 6). A quantidade de calor que é produzida por nosso corpo, em certo ambiente, depende do tipo e intensidade da atividade e estrutura do indivíduo, e em menor escala, da idade, sexo e adaptação ao clima. A fim de se estabelecer um equilíbrio com o meio e manter sua temperatura do ar interna em torno de 37°C , vários processos de trocas térmicas ocorrem entre o homem e o meio ambiente, evaporação, radiação, condução e convecção (PAULA, 2004).

Figura 6 - Equilíbrio térmico no homem.

Fonte: Paula (2004).

Nesse contexto, a temperatura do ar e a umidade, assim como a ação do vento, são sem dúvida, condicionantes importantes que agem na sensação ou não de conforto pelo corpo humano (Tabela 1). Observa-se que quanto mais elevado for o valor da umidade, maior será a sensação de desconforto, pois a temperatura do ar gradativamente vai aumentando (GOMES; AMORIM, 2003).

Tabela 1- Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar.

Temperatura	Umidade relativa em %					
°C	30	50	70	80	90	100
20	20	21,1	22,2	22,8	23,4	23,9
25	25	26,7	27,8	28,9	30,0	31,1
30	30	32,2	35,0	37,2	37,8	39,4
35	35	38,8	42,2	44,4	46,7	48,9
40	40	45,0	50,0	-	-	-

Fonte: Gomes e Amorim (2003).

ILHAS DE CALOR

É um fenômeno presente em áreas urbanas e suburbanas, onde a temperatura do ar e da superfície são maiores do que em áreas rurais circundantes. Isto ocorre porque os materiais de

construções comuns que compõem estas áreas retêm mais a radiação de onda curta (oriundas do sol) do que os materiais naturais que são predominantes em áreas rurais (CORRÊA, 2011).

Isso ocorre devido ao uso dos materiais naturais (Ex.: vegetação) pelos urbanos (Ex.: cimento, areia, seixo, barro, etc.) provoca mudanças nas características da atmosfera local, observando-se um aumento de temperatura do ar nos grandes centros, fenômeno chamado de “ilhas de calor”. Esse fenômeno é uma anomalia térmica, onde o ar da cidade se torna mais quente que o das regiões vizinhas. Elas são um bom exemplo das modificações causadas pelo homem na atmosfera. Pode-se observar que a ilha de calor costuma atingir maiores temperatura do ar se o céu está limpo e claro e o vento calmo, apesar de ocorrer também à noite (PAULA, 2004).

Ainda de acordo com essa autora, a formação delas ocorre devido às massas de edificações, além dos materiais das construções e vias públicas que absorvem grande quantidade de radiação solar, à redução da velocidade do vento pelos prédios, à poluição que reduz a perda de radiação de onda longa pelas superfícies para o céu, causam aquecimento atmosférico, tornam a drenagem insuficiente pelo sistema de captação de águas pluviais, bem como a filtração de água no solo, tudo isso como consequência da utilização de revestimentos impermeáveis e à redução da energia utilizada nos processos de evapotranspiração realizados pela vegetação.

Todavia, a ilha de calor não é consequência de um único fator, e sim, da interação das diversas alterações na superfície da urbe introduzidas pelo homem. A substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções, produtos da urbanização acelerada e muitas vezes desordenada, altera o balanço de energia. A energia que seria utilizada para evaporar a umidade presente na superfície (¹calor latente), produzindo consequentemente um resfriamento da atmosfera local, é diretamente absorvida pela superfície urbana (LEÃO, 2008).

Enfim, as modificações causadas pelas construções urbanas no balanço de energia solar têm provocado a formação de ilhas de calor, alterado o conforto térmico, especialmente em áreas onde a vegetação foi totalmente substituída pelas unidades arquitetônicas, pavimentações, e diminuição das áreas verdes nessa urbe.

AS ÁREAS VERDES E O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE URBANO

As áreas verdes podem apresentar muitos benefícios ao ambiente urbano, por meio de seu elemento estruturador: a vegetação. Quando inserida no arranjo urbano, pode propiciar alguns benefícios aos parâmetros ambientais, como temperatura do ar e umidade relativa do ar, ventilação, níveis de ruído, concentração monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO₂) dentre outros (BARBOSA, 2005).

Nesse contexto, a vegetação regula a temperatura do ar ambiente utilizando a radiação solar em seus processos metabólicos, deixando a temperatura do ar ao seu redor mais amena principalmente àquelas perto de corpos d'água. O conforto térmico de pessoas que circulam em áreas mais arborizadas é muito maior devido ao sombreamento e a ventilação (SOUZA *et al.*, s/d).

Outra utilidade da vegetação como dispositivo de sombreamento e gerador de umidade pode vir a ser bastante eficiente. Porém, a seleção da vegetação adequada para sombreamento de uma edificação dependerá da orientação da fachada que se deseja sombrear, dos ventos dominantes, da qualidade do solo, do espaço disponível no terreno e principalmente da altura e do ²azimute do sol nos períodos de maior radiação solar, que correspondem aos dias mais quentes do ano (PAULA, 2004).

¹ Quando uma quantidade de calor é fornecida ou retirada de um corpo, não modifica a sua temperatura do ar, mas produz mudança de seu estado de agregação (CALOR latente, s/d).

² É o ângulo que a direção do astro, marcada no chão, faz com a direção do Norte no mesmo plano do horizonte, medido também no sentido dos ponteiros do relógio. Vai de 0 a 360 graus (AZIMUTE de um astro, s/d).

Ademais, a redução das amplitudes térmicas locais promovidas pela vegetação provoca o duplo efeito da floresta sobre a umidade relativa do ar, sendo a interceptação e volatilização de parte da água da chuva e o processo de transpiração das folhas que lança, em uma dada escala espacial, mais vapor d'água na atmosfera. Assim, é esperado que se encontrem maiores valores de umidade relativa do ar em ambientes arborizados do que em áreas descobertas. A estes efeitos se agrega ainda a função de barreira aos ventos (MODNA; VECCHIA, 2003).

Por fim, todos esses serviços estão comprovados (ALMEIDA JÚNIOR, 2005, MENDONÇA, 2003), tanto na influência da vegetação sobre o clima (Cuiabá – MT) e a relevância dos espaços verdes como reguladores das amplitudes termo higrométricas na configuração do clima urbano (Londrina – PR), mesmo que a ocorrência dessas áreas seja pontual.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas-PA (Figura 7) mesorregião sudeste Paraense, a 310 km de Belém, possui uma área de 1,93 milhões de hectares (1,5% da superfície do Pará) limita-se a leste com o Estado do Maranhão e com cinco Municípios Paraenses: Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá, ao norte; Ulianópolis, Goianésia do Pará e Dom Eliseu, ao sul; e Ipixuna do Pará a oeste (IMAZON, 2009).

Figura 7 – Mapa político geográfico de localização do município de Paragominas – PA.

Adaptado a partir de Pinto *et al.* (2009).

SOLOS E VEGETAÇÃO

Em relação ao solo na Amazônia, ele apresenta aspectos muito comuns como: baixa fertilidade natural e alta saturação de alumínio trocável. A caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é o mineral predominante na fração argila e a capacidade de troca de cátions e a saturação de bases é baixa. O estoque de nutrientes é baixo limitando a produção agrícola e florestal (PEREIRA, 2011). Quanto aos solos existentes no Município de Paragominas, estes são provenientes de rochas sedimentares da formação de Ipixuna e Barreiras do período Terciário e sedimentos recentes do período Holoceno (Figura 8).

Figura 8 – Formações rochosas que originaram os solos predominantes no nordeste paraense, inclusive Paragominas – PA.

Adaptada a partir de Rossetti (2006)

Nesse município, o solo apresenta várias associações, a saber: Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Latossolo Amarelo, textura argilosa e Concrecionários Lateríticos, textura argilosa. Latossolo amarelo, textura média e Areias Quartzosas. Em sua maioria, possuem baixa fertilidade natural, no entanto, possuem boas propriedades físicas (GONÇALVES, 2007).

Quanto à vegetação originária do município, era representada pela Floresta Densa da sub-região dos Altos Platôs do Pará-Maranhão, pela Floresta Densa de Planície Aluvial e dos Ferraços. Entretanto, os constantes desmatamentos, provocados pelo avanço da agropecuária e exploração madeireira na região, reduziram, drasticamente, as grandes áreas cobertas pela floresta original, dominadas, hoje, por extensas áreas de Mata Secundária, ou seja, oriunda de sucessão secundária ou regeneração nos seus diversos estágios de desenvolvimento (PALMEIRA, 2005).

GEOLOGIA, RELEVO E TOPOGRAFIA

A **geologia** do Município é representada pela formação de Itapicuru, do Cretáceo, que apresenta arenitos, predominantemente vermelhos, finos, caulínicos, argilitos vermelhos laminados e calcário margoso fossilífero. Existe, ainda, a presença de sedimentos do Terciário, Barreiras e Quaternários subatual e recente. O **relevo** apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Morfoestruturalmente faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão (HIRAI, 2008). A **topografia** do município possui uma topografia onde os níveis altimétricos apresentam pouca variação. Contudo, tais níveis se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. A referência que se tem é da sede municipal, onde a altitude alcança

cotas aproximadas de 40m. Entretanto, mais ao Sul, essas cotas crescem um pouco mais (IBGE, 2010).

CLIMA E HIDROGRAFIA

O **clima** do município de Paragominas é do tipo mesotérmico e úmido. A temperatura do ar média anual é elevada, em torno de 26° e a umidade relativa do ar com média igual a 81%, com um período mais chuvoso que compreende dezembro a maio e outros mais secos entre junho e novembro. O regime pluviométrico varia entre 2.250 mm e 2.500 mm anuais (ANDRADE, 2011). Em relação a **hidrografia**, existem vários rios importantes no Município.

Na porção Sudeste-Nordeste, o rio Gurupi, que separa o Pará do Maranhão. Na sua margem esquerda, há vários afluentes: o Gurupizinho, o Uraim, o Coaraci-Paraná, o Croantá e o Piriá. Em direção oposta, no sentido Oeste: o rio Surubiju, que limita o município com Rondon do Pará e recebe uma série de igarapés na sua margem direita, que pertencem a Paragominas. O rio Surubiju é, no Município, o afluente mais importante do rio Capim (PARÁ, 2009).

Por fim, o rio Capim é outro curso d'água de maior importância nesse local e serve de limite entre Paragominas e São Domingos do Capim. Possui a direção Oeste-Leste, depois, a direção Norte, até chegar ao paralelo de 3°, onde recebe o rio Candiru-Açu, seu último afluente da margem direita dentro do Município, serra do Tambaú de limite natural com São Domingos do Capim. O rio Uraiam banha a sede do Município a Noroeste.

MÉTODO

O método utilizado nesse estudo foi baseado na "necessidade de adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura do ar (ALVES, 2009)". Ela promove a coleta de dados em campo em quatro pontos que se diferenciavam basicamente pelo uso e ocupação do solo. No presente estudo, ampliou-se de quatro para cinco pontos de coleta para melhor identificar o campo de ação da biomassa vegetal do Parque Ambiental de Paragominas em áreas próximas ao mesmo.

Vale ressaltar que não foram mensuradas as condições de conforto, além do mais, este estudo não está restrito às condições de temperatura do ar e umidade, mas também a outros parâmetros ambientais que também não foram mensuradas, como a velocidade e direção dos ventos e a radiação solar, mas não se deve desconsiderá-las, principalmente no momento de sugerir as intervenções urbanas para melhoria das condições do conforto térmico no município de Paragominas.

De acordo com esta proposta metodológica, foi necessário primeiramente selecionar os locais da área de estudo com características relativamente homogêneas. Ao término dessa fase, os dados coletados foram trabalhados e analisados, para identificação das possíveis variações climáticas intra-urbanas relacionadas ao padrão de ocupação urbano da cidade.

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DA COLETA DE DADOS

P₁ localiza-se na Rua Renato Pereira Novaes de coordenadas 23°79'61" de Latitude e 96°69'986 de Longitude, e a altitude é de 88m exatamente em frente à residência de número. A área é toda pavimentada e nas calçadas a arborização é mínima, contendo apenas algumas árvores na calçada oposta ao ponto (Figura 8a). **P₂** situa-se na Rua Maria Angélica Dantas de coordenadas 23°80'24" de Latitude e 96°70'018 de Longitude, e a altitude é de 92m e localiza-se em frente à uma clínica de Estética, sem qualquer arborização próxima (Figura 8b).

Figura 8 – a) Vista frontal de **P₁**; b) Vista frontal de **P₂**. Rua Maria Angélica, bairro Promissão, Loteamento I.Paragominas - PA.

Fonte: autores (2012).

P₃ (Figura 9a) encontra-se na Rua Irmã Maria das Graças de coordenadas 23°80'71" S de Latitude, 96°70'054W de Longitude, e a altitude é de 96 m. Localiza-se em frente à academia de Caratê e possui uma árvore próxima ao ponto de medição, a rua é toda pavimentada. **P₄** localiza-se na Avenida Antero Bonifácio de coordenadas 23°81'09" W de Latitude, 96°69'906S de Longitude, e a altitude é de 91m. A área é totalmente pavimentada, é a via principal do Bairro Promissão, Loteamento I, próximo a uma floricultura (Figura 9b). **P₅** (Figura 9c) situa-se na Avenida Jaime Longo (Avenida do parque Ambiental) e possui coordenadas 23°79'33" N de Latitude, 9670114S de Longitude, e a altitude é de 97m, exatamente no canteiro central que divide as vias de circulação

Figura 10 - Vista lateral de **P₃**, localizado na Rua Irmã Maria das Graças; b) Vista frontal de **P₄**, localizado na Avenida Antero Bonifácio, bairro Promissão, Loteamento I. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Estes logradouros foram previamente escolhidos por apresentarem uma proximidade maior com o Parque Ambiental de Paragominas, onde há ocorrência de uma grande biomassa vegetal (Figura 10).

Figura 10 – Vista superior das cinco áreas e os pontos de coleta. Parque Ambiental de Paragominas – PA.

Elaborada a partir de dados coletados no Google Earth (2007).

COLETAS DE DADOS

Para os valores de temperatura do ar do ar e umidade relativa do ar foram efetuadas 210 amostragens em sete dias (8 a 14 de novembro de 2012) em seis horários distintos (00h00; 04h00; 08h00; 12h00; 16h00; 20h00) e em cinco pontos diferentes: **P₁** - Rua Renato Pereira Novais; **P₂** - Rua Maria Angélica; **P₃** - Rua Irmã Maria da Graça; **P₄** - Avenida Antero Bonifácio; **P₅** - Avenida Jaime Longo.

Em cada uma das ruas e avenidas selecionadas foram fixadas (50 cm abaixo no nível do solo), no ponto médio, em metros, hastes de madeira de 2,0 de comprimento nos solos disponíveis diante das residências, em seguidas foram prumadas. Em cada um dos pontos de coleta de dados, foi alocado um termo higrômetro (Figura 9a), a 1,3 m acima do nível do solo (Figura 9b).

Figura 9 – a) Termo higrômetro fixado na haste de madeira; b) croqui de fixação da haste de madeira. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Os valores para a umidade relativa do ar foram calculados a partir da diferença entre temperatura do ar do bulbo seco e a temperatura do ar do bulbo úmido, à qual é fornecida pelo

produtor, a qual determina a percentagem da umidade relativa considerando a diferença encontrada entre os dois termômetros e o valor registrado pelo termômetro de bulbo seco (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela utilizada para o cálculo da umidade relativa do ar, fornecida pelo fabricante.

Term seco	DIFERENÇA EM °C ENTRE O TERMÔMETRO ÚMIDO E SECO																			
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	90	80	70	60	50	41	31	21	12											
01	90	81	71	62	53	43	34	25	16	08										
02	91	82	73	64	55	46	36	27	17	12										
03	91	82	74	65	57	49	40	32	24	18	09									
04	92	83	75	67	59	51	43	35	28	20	13	05								
05	92	84	76	68	61	53	46	38	31	24	17	10								
06	92	85	77	70	62	55	48	41	34	27	20	14	07							
07	93	85	78	71	64	57	50	44	37	30	24	17	11	05						
08	93	86	79	72	65	59	52	46	39	33	27	21	15	09						
09	93	86	80	73	67	60	54	48	42	36	30	24	18	12	07					
10	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	33	27	21	16	10	05				
11	94	87	81	75	69	63	58	52	46	41	35	30	24	19	14	09				
12	94	88	82	76	70	65	59	54	48	43	37	32	27	22	17	12	07			
13	94	88	83	77	71	66	61	55	50	45	40	35	30	25	20	15	11	08		
14	94	89	83	78	72	67	62	57	52	47	42	37	32	27	23	18	14	09	05	
15	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	44	39	34	30	25	21	17	12	08	
16	95	89	84	79	74	69	64	59	55	50	45	41	37	32	28	24	19	15	11	07
17	95	90	85	80	75	70	65	61	56	52	47	43	38	34	30	26	22	18	14	10
18	95	90	85	80	76	71	66	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	17	13
19	95	90	85	81	76	72	67	63	59	54	50	46	42	38	34	30	27	23	19	16
20	95	91	86	81	77	73	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	29	25	22	18
21	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	45	42	39	34	31	27	24	20
22	95	91	87	82	78	74	71	68	62	58	54	50	47	43	40	36	33	29	26	23
23	96	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	52	48	45	41	38	34	31	28	25
24	96	91	87	83	79	75	71	68	64	60	57	53	49	46	43	39	36	33	30	27
25	96	92	88	84	80	76	72	68	65	61	58	54	51	47	44	41	38	34	31	28
26	96	92	88	84	80	76	73	69	65	62	59	55	52	49	45	42	39	36	33	30
27	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32
28	96	92	88	85	81	77	74	70	67	64	60	57	54	51	48	45	42	39	36	33
29	96	92	89	85	81	78	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37	35
30	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47	44	42	39	36
31	96	93	89	85	82	79	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40	37
32	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	63	61	58	55	52	49	46	44	41	39
33	96	93	89	86	83	80	76	73	70	67	64	61	58	56	53	50	48	45	42	40
34	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	48	46	43	41
35	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	65	63	60	57	55	52	49	47	44	42
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	58	55	53	50	48	45	43
37	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	59	56	54	51	49	46	44
38	97	94	90	87	84	81	78	75	73	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45
39	97	94	91	87	84	82	79	76	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	46
40	97	94	91	88	85	82	79	76	75	71	68	66	63	61	58	56	54	51	49	47

Fonte: Corrêa (2008)

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

O tratamento estatístico dos dados foi efetuado com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel, versão 2010 (MICROSOLFT CORPORATION, 2010). A estatística aplicada foi a descritiva com o cálculo da média ($\bar{x}$) aritmética de temperatura do ar e umidade relativa do ar, em cada ponto de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos e analisados para P_1 indicaram que a maior média na variação de temperatura do ar ocorreu às 12h00 minutos, e a menor média de variação ocorreu às 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que a menor média ocorreu às 16h00, e apresentou-se estável entre 04h00 e 08h00. Porém, a partir desse horário até as 16h00 há uma tendência a diminuição desse parâmetro e, a partir desse horário, de elevação (Figura 10).

Figura 10 – Tendências de variação entre temperatura do ar do ar e Umidade relativa do ar em **P1**. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Acerca da tendência de variação na temperatura do ar do ar e umidade relativa do ar, foi efetuado estudo em São Luis – MA, por Araújo (2009), o autor concluiu que as mudanças produzidas no balanço energético local devido à área urbanizada que produz alterações na paisagem natural, causando mudanças nos elementos do clima. Em Paragominas, nesse ponto (**P1**), percebeu-se que os dois parâmetros ambientais analisados, apresentaram valores distintos em horários diferentes no mesmo espaço urbano, o que pode ser explicado pela modificação ocorrida na paisagem natural devido ao crescimento da área urbanizada no município de Paragominas, corroborando, dessa forma, com a conclusão descrita para São Luis.

Outra explicação é a estrutura física da área na Rua Renato Pereira Novaes (Figura 11), apresenta baixa densidade vegetal, totalmente pavimentada, e construções horizontais com pé direito aparentando uma altura homogênea o que permite maior circulação do ar atmosférico advindo do Parque Ambiental Municipal, pois o dossel das árvores funciona como um aparato para a velocidade do vento e podem modificar a direção do mesmo, e este, agindo sobre o calor latente do local, promove a dispersão dele. Mesmo assim, entre os pontos estudados, este mostrou ser o mais seco da cidade, já que predomina a ocupação horizontal proporcionando poucas áreas sombreadas, e a arborização, na via, é inexistente.

Figura 11 - Vista frontal da Rua Renato Pereira Novaes, bairro Promissão, Loteamento I, onde é visível a escassez de vegetação. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2012).

Os dados obtidos e analisados para **P₂** - Rua Maria Angélica, indicaram que o maior valor para a temperatura do ar, ocorreu às 12h00, e o menor, às 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que às 12h00, o valor foi elevado, e manteve-se até as 04h00. A partir deste horário, até as 12h00, a tendência foi para diminuição (Figura 12)

Figura 12 – Valores para temperatura do ar e umidade relativa do ar no ponto de coleta **P₂**. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Sobre a climatologia dinâmica, Modna e Vecchia (2003), realizaram uma pesquisa em São Carlos – SP, e os dados obtidos indicaram que princípios norteadores desse estudo permite a identificação das variações climáticas críticas ao conforto e à saúde humana, e que o ambiente urbano árido apresenta condições indicadoras de desconforto e insalubridade. Na pesquisa realizada em Paragominas, **P₂**, Rua Maria Angélica (Figura 13), apresenta um padrão de ocupação horizontal, sem construções verticais, sem arborização adequada, pavimentação de calçadas e vias de fluxo, que contribuem para a elevação do estado de aridez, e determina uma similaridade com o ocorrido em São Carlos.

Figura 13 - Vista frontal da Rua Maria Angélica, bairro Promissão, Loteamento I, com ausência de construções verticais, pavimentação de calçadas e pistas de rolamento, escassez de vegetação, caracterizando a aridez. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Para **P₃** (Rua Irmã Maria das Graças), a análise dos dados indicou que houve tendência de elevação da temperatura às 16h00s, e a diminuição, às 04h00 minutos. Quanto a umidade relativa do ar, os dados obtidos e analisados indicaram uma tendência a diminuição às 12h00 e, a partir desse horário, houve elevação. Isso ocorreu entre 16h00 e 04h00. Porém, a partir desse horário até as 12h00, a tendência da UR, é de diminuição (Figura 14)

Figura 14 – Valores para a temperatura do ar e umidade relativa do ar no ponto de coleta **P₃**. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Quanto as influências do uso e ocupação solo sobre os parâmetros ambientais aqui analisados, foi efetuado um estudo, na Região Metropolitana de Belém, (RMB), por Conceição e Damasceno (2007), onde esses autores procuram identificar as possíveis influências entre ambos. Sobre isso, ele concluíram que, o crescimento populacional na RMB pressionou a ampliação de áreas urbanizadas e provocou alterações em ambos. Nas duas últimas décadas, no município de Paragominas, principalmente na zona urbana, fez-se necessário modificar o uso do solo de Floresta Natural para "Floresta de concreto", e assim proporcionar maior área habitável e que atenda os moradores quanto a unidades habitacionais disponíveis, com ruas e calçadas pavimentadas, o que, para a maioria, significa "melhoria na qualidade de vida".

Surpreendentemente, os valores obtidos para temperatura do ar e umidade relativa mostraram tendências a diminuição, quando comparadas aos valores obtidos para **P₁** e **P₂**. Este fato está relacionado pela maior presença de biomassa vegetal verificada na área (Figura 154), proporciona sombreamento e elevação na taxa da transpiração, incremento na oferta de água no ar atmosférico, elevando a umidade, além da baixa incidência de fluxo de veículos de quatro e dois eixos neste logradouro público.

Figura 15 - Vista frontal de **P₃** - Rua Irmã Maria das Graças (Figura 14a), bairro Promissão, Loteamento I, onde se observa a presença de vegetação mais abundante quando comparada com **P₁** (Figura 14b) e **P₂** (Figura 14c). Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Em relação a **P4**, Avenida Antero Bonifácio, a análise dos dados obtidos indicou que houve tendência de elevação para os valores da temperatura do ar às 16h00 minutos, mas, as 00h00, houve tendência a diminuição. Quanto a umidade relativa do ar, os dados obtidos indicaram uma tendência a diminuição até as 16h00, com uma estabilidade entre 00h00 e 14h00. Porém, a partir desse horário até as 16h00, a tendência foi para a diminuição. Porém, deste horário até a 00h00, a tendência foi de elevação (Figura 16).

Figura 16– Valores obtidos para temperatura do ar e umidade relativa do ar em **P4**. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

A justificativa para tais valores e tendências para os dois parâmetros ambientais analisadas, é a verticalização das unidades arquitetônicas que estão presentes em **P4**, e isso foi associado a supressão vegetal ocorrida na área para efeito da urbanização. Sobre a verticalização e a modificação do espaço urbano, Santos et al. (2015) afirma que o processo de verticalização é atrelado à expansão urbana que acompanha o crescimento populacional de uma cidade. A produção de edifícios modifica o espaço urbano a partir do momento que demanda outras características vinculadas a esse processo.

Tows e Mendes (2011), complementam que a verticalização segue um crescimento quantitativo e espacial com peculiaridades que ao longo de seu processo vem alterando a paisagem urbana e o modo de viver da cidade. As consequências da verticalização vão desde aspectos ecológicos, políticos, climáticos, fisio-biológicos, éticos e até psicológicos.

Ambos os dados obtidos nesses estudos corroboram com o que foi observado e mensurado em **P4**, especialmente quanto a alterações dos parâmetros temperatura do ar e umidade relativa do ar, Principalmente durante o dia, pois as áreas verticalizadas contribuem para a existência de superfícies sombreadas e menor área impermeabilizada, além da baixa densidade vegetal, alto fluxo de veículos de quatro e dois eixos, é pavimentada e possui um padrão de ocupação predominantemente vertical (Figura 17a). Esse padrão físico difere daqueles observados em **P1** (Figura 17b), **P2** (Figura 17c) e **P3** (Figura 17d).

Figura 17 - Vista frontal de **P4** - Avenida Antero Bonifácio, bairro Promissão, Loteamento I, onde há predominância de verticalização nas construções e baixa densidade vegetal. Paragominas - PA

Finalmente, para **P₅** - Avenida Jaime Longo, os dados obtidos e analisados indicaram que, entre 12h00 e 16h00, houve tendência de elevação da temperatura do ar, e diminuição as 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que a tendência para diminuição ocorreu às 12h00, mas, ocorreu tendência a elevação as 04h00. Porém, a partir desse horário até as 12h00, houve tendência a diminuição (Figura 18).

Figura 18 – Valores obtidos para **P₅** – Avenida Jaime Longo, para temperatura do ar e umidade relativa do ar. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Acerca dessas tendências, a pesquisa realizada na cidade de Cuiabá – MT, por Almeida Junior (2005), os dados obtidos indicaram que a influência da vegetação sobre o clima na região central da cidade e, com isso, provoca sensíveis diferenças na temperatura do ar e umidade relativa do ar, quando existe o sombreamento proporcionado pela arborização ou existência de praças. Em Paragominas, a Avenida Jaime Longo (Figura 19) é uma área que apresenta canteiro central arborizado, menor presença de unidades arquitetônicas horizontais e verticais, estas, em menor número, e é frontal ao Parque Ambiental de Paragominas, uma Unidade de Conservação classificada como de Proteção Integral, e subdivisão da categoria Parque Nacional, posto que, é um Parque Municipal.

Figura 19 - Vista frontal da Avenida Jaime Longo, bairro Promissão, Loteamento I, onde se localiza o Parque Ambiental. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Devido à presença de arborização, em toda a extensão da Avenida Jaime Longo, a tendência da temperatura do ar é manutenção de valores mais baixos quando comparados aos outros quatro pontos analisados, já a umidade relativa do ar, mantém tendência inversa à temperatura do ar (Figura 20).

Figura 20 - Comparação das médias para temperatura do ar e umidade relativa do ar, obtidas para **P₁, P₂, P₃, P₄ e P₅**, bairro Promissão, Loteamento I. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

A ocorrência dessas tendências, é explicada a partir da quantidade arbórea existente nessa avenida, bem como a presença, no interior do Parque Ambiental, do Rio Uraim que funciona como “espelho d’água” e absorve, de forma anômala, a radiação solar, e a libera, de forma gradativa. Sobre a presença de parques urbanos, Rodrigues, Pasqualetto e Garção (2017), efetuaram estudo sobre eles, em Goiânia – GO, e concluíram que eles são criados para suprir determinadas necessidades, tanto para os habitantes de uma cidade que irão usufruir desses espaços para lazer e descanso, quanto para a realização de metas estabelecidas pelas políticas públicas de uma região. Mas principalmente para manutenção da vida silvestre e dos ciclos biogeoquímicos da natureza, os quais são essenciais para o equilíbrio do ambiente, em especial os dois parâmetros ambientais como temperatura do ar e umidade relativa do ar.

CONCLUSÃO

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar apresentaram valores diferentes nas cinco áreas analisadas. Nas áreas de maior concentração vegetal, a temperatura do ar apresentou média inferior em relação as áreas onde a vegetação é escassa ou ausente. Quanto maior a proximidade da área estudada com o Parque Ambiental de Paragominas, menor o valor para a temperatura do ar e maior a porcentagem de água na massa de ar atmosférico (umidade relativa do ar). A ação da vegetação parece ser muito mais significativa para impedir o aquecimento do solo do que em promover o resfriamento por evapotranspiração, uma vez que temperatura do ar elevadas provocam como resposta nos vegetais o fechamento dos estômatos, evitando que as folhas percam água para o ambiente.

As pavimentações, sejam concretícias ou asfálticas, e o fluxo de veículos automotores, em subsistemas viários arteriais e vias, contribuíram de forma significativa para as variações nas médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar porque nas áreas onde o fluxo é intenso houve elevação da primeira variável e diminuição da segunda. Considerando as médias entre os pontos, essas variações atingiram um diferencial térmico de 1,7°C entre **P₁**, mais aquecido, e **P₅**, menos aquecido. Entretanto, em valores horários absolutos, essa diferença chegou a atingir 2,4°C entre **P₅** e **P₂**, às 12h da tarde.

O ambiente urbano árido apresenta condições propícias ao desconforto, e pode atingir situações de insalubridade. Diante disso, reafirma-se a importância da conservação de um ambiente equilibrado, cujas funções fornecem às populações humanas uma grande quantidade de serviços ambientais, que possibilitam condições de boa qualidade de vida.

No que se refere à influência do uso do solo sobre as variações de temperatura do ar e umidade nos cinco pontos escolhidos do Bairro Promissão, Loteamento I, pôde-se identificar a ocorrência desta, principalmente entre os pontos localizados próximos ao Parque Ambiental de Paragominas

(P₅), ou com presença de grandes áreas verdes (P₃), onde, apesar da ocupação urbana ainda é possível verificar arborização nessas áreas, em relação àqueles situado em área mais afastada ao Parque Ambiental (P₄) ou com pouca arborização considerável (P₁ e P₂), devido a uma crescente ocupação urbana desordenada.

SUGESTÕES

A partir do conhecimento obtido sobre as características climáticas de cada ponto, são propostas algumas sugestões para melhoria das possíveis condições de conforto térmico da população. Nesse sentido, indicamos algumas intervenções no desenho urbano das ruas e avenidas estudadas, situados no bairro da Promissão, Loteamento I, considerando os parâmetros ambientais climáticas mensuradas no estudo e outras que possivelmente também interferem no conforto ambiental. Com o intuito de contribuir para o estabelecimento de uma melhor qualidade de vida e ambiental, no que se refere ao conforto térmico, sugere-se:

- Escolha de materiais adequados à realidade climática da região, ou seja, dar preferência àqueles materiais cujas propriedades térmicas não favoreçam tanto armazenamento do calor e a reflexão da radiação, principalmente nos espaços públicos e abertos (calçamentos e passeios), onde os órgãos governamentais têm o dever de atuar em benefício da coletividade.
- Tornar eficiente a fiscalização e o controle por parte dos órgãos municipais no que se refere aos índices de ocupação e aproveitamento dos terrenos ou lotes, de modo a limitar a impermeabilização do solo; além dos espaçamentos e recuos adotados nas edificações, de modo a garantir a porosidade da estrutura urbana.
- Melhorias quanto à infraestrutura urbana, por meio da arborização das vias, construção de áreas de lazer, como praças e ciclovias, propiciando a existência de espaços com características de sombreamento e ventilação. É necessário sensibilizar a população quanto à necessidade de arborização e incluí-la no processo decisório acerca do Plano de Arborização do Município de Paragominas.
- Desobstrução dos espaços situados próximos às margens do Rio Uraim, com a construção de áreas livres, permitindo melhor ventilação para as ruas e avenidas estudadas, além da melhoria das condições de conforto térmico para a população inserida na área.
- Diversidade na arborização dos canteiros centrais, como é o caso da Avenida Jaime Longo e adjacências.
- Incentivar a população a criar e manter jardins e quintais arborizados, propiciando aumento nos índices de cobertura vegetal do bairro e contribuindo para manutenção de microclimas com temperatura do ar mais baixas.
- Ordenação do trânsito e das vias com tráfego intenso, contribuindo para a diminuição da poluição e do aquecimento provocado pelo lançamento de gases oriundos dos veículos automotores.
- Contenção do avanço da urbanização, pois há ruas e avenidas que concentram um considerável percentual de áreas verdes, o que contribui e influencia no equilíbrio térmico das áreas.
- Adequar o ambiente urbano ao clima de um determinado local significa criar espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto e consequentemente para a melhoria da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, N. L. **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

ALVES, E. D. L. **Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanos**, *Revista Mercator*, v. 8, n. 17, p. 181-191, 2009.

ANDRADE, H. O clima urbano – Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia**, n. 80, p. 67-91, 2005.

ANDRADE, F. S. Variabilidade da precipitação pluviométrica de um Município do Estado do Pará. **Engenharia Ambiental**. v. 8, n. 4, p. 138-145, 2011.

ARAÚJO, R. R. Bioclimatologia urbana e conforto térmico em São Luis. **Ciências Humanas e Revista**, v. 7, n. 2, p. 1 - 9, 2009.

AZIMUTE de um astro. In: **nautilus**. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/movi/azimute.html>>. Acesso em 19 nov. 2012

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição das Temperatura do ar em Araraquara/SP**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

BORGES, M. G. E. **Influência do ambiente construído no microclima urbano: Estudo de caso no campus da Universidade Federal de Santa Catarina**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Conforto III: Térmico**. Presidente Prudente: FCT – UNESP, 2006.

CALOR Latente. In: **cepa**. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Refrigeracao/latente.htm>>. Acesso em 19 nov. 2012

CHIQUETTO, J. B. **O sistema de clima urbano. Uma visão geográfica**. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Elisa/flg0355/filespdf/Clima_urbano.pdf>. Acesso em: 10 dez.2012.

CONCEIÇÃO, R. L.; DAMASCENO, E. O. **Variações termo higrométricas e sua relação com o uso do solo durante a estação seca na cidade de Belém, Pará**. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2007.

CONTI, J. B. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 18, p. 89 – 94, 2006.

CORRÊA, P. B.; CORRÊA, J. A. J.; ANDRADE, S. C. P. Análise da temperatura do ar de superfície da área urbana de Santarém através de imagens termais do Landsat 5. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 2, p. 714 – 722, 2012.

CORRÊA, L. V. **Avaliação do efeito amenizador climático de algumas áreas verdes do espaço urbano de Belém-PA**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2008.

CORRÊA, L. V. **Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

FEITOSA, S. M. R. **Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

HIRAI, E. H. **Avaliação da exploração florestal de impacto reduzido em atributos físicos e químicos do solo e na regeneração natural em Paragominas, PA** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambientais). Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia - Revista on line**, v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.

GONÇALVES, S. F. S. **Relações entre os sistemas de produção agropecuários adotados e a qualidade da água em igarapés Amazônicos de duas bacias hidrográficas na região de Paragominas (PA)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.0 (beta): satellite's image software. Disponível em <http://earth.google.com/>. Acesso em: 04 nov. 2012.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@ – Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=150550>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, v. 10, n. 1, p. 9 - 25. Viçosa, 2010.

KOTSCHOUBEY, B. *et al.* **Caracterização e gênese dos depósitos de bauxita da província bauxitífera de Paragominas, noroeste da bacia do Grajaú, nordeste do Pará/ oeste do Maranhão**, p. 687-782. s/d. Disponível: http://www.adimb.com.br/publicacoes_amazonia/Indice/Cap_XI.pdf>. Acesso em: 20 nov.2012.

LEÃO, M. S. **Diagnóstico climático e estudo das variações termo higrométricas do município de Sete Lagoas – MG**. 2008. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

MODNA, D.; VECCHIA, F. **Calor e Áreas Verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos, SP**. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO e III CONFERÊNCIA LATINO-MERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES. 7. 2003. Paraná. **Anais...** Curitiba: Universidade Católica de Curitiba, 2003.

NÓBREGA, R. S.; VITAL, L. A. B. Influência da urbanização sobre o microclima de Recife e formação da Ilha de calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.3, p. 151 - 156, 2010.

PAIVA, J. P. M. **Análise microclimática em conjuntos habitacionais: o caso do conjunto Ceará – Fortaleza/CE**. 2010. Dissertação (Mestrado em geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicadas a gestão do território do Município de Paragominas-PA**. 2005. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2005.

PARÁ. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Estatística municipal**. Disponível em: <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/paragominas.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012

PAULA, R. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. 2004. 119 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil, arquitetura e urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PEREIRA JÚNIOR, A. **Fertilidade e fauna edáfica em solo sob reflorestamento com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no Município de Aurora do Pará, 2011**. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

POPULAÇÃO DO BRASIL. s/d. Disponível em: <http://www.populacaodobrasil.com/populacao/populacao-de-paragominas-pa>>. Acesso em: 10 dez. 2012

PINTO, A. *et al.* **Diagnóstico socioeconômico e florestal do Município de Paragominas-PA**, Relatório técnico. Belém: IMAZON, 2009.

ROSSI, F. A.; KRUGER, E. L. Análise da variação de temperatura do ar locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba. **Revista Espaço Geográfico em Análise**, n. 10, p. 93 -105, 2005.

SANTOS, L. A. *et al.* Impactos socioambientais resultados do processo de verticalização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 6. 2015. Rio Grande do Sul. **Anais...**Porto Alegre: Metodista, 2015.

SOUZA, A. S. *et al.* **Análise do conforto térmico em pontos distintos do Município de Paragominas-PA**. (s/d). Disponível em: <http://sic2011.com/sic/arq/3746912508863746912508.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2012

TÖWS, R. L.: MENDES, C. M. O estudo da verticalização urbana como objeto da geografia: enfoques e perspectivas metodológicas. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS URBANOS: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E DINÂMICA AMBIENTAL, 1, Maringá, PR, 2011. **Anais...** Maringá, PR, 2011.

Kathee Lameira de Araújo

Engenheira Ambiental.

katheearaujo@hotmail.com

Keren Judite Rodrigues dos Santos

Engenheira Ambiental.

keren_santos@hotmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais

Universidade do Estado do Pará.

Departamento de Engenharia Ambiental.

antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 8 -

AValiação DE IMPACTO AMBIENTAL EM ÁREAS MARGINAIS DE
RIOS URBANOS

Nathália Melo Giuliatti; Cleiciane Silva da Conceição; Karoliny Costa Santos; Julinho Brito do Vale; Antônio Pereira Junior.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-08

INTRODUÇÃO

O diagnóstico ambiental é a caracterização da qualidade de uma área, de modo a fornecer conhecimento suficiente para embasar a identificação e a avaliação de impactos nos meios, físico, biológico e socioeconômico. Com isso, tem-se que o meio físico se constitui dos corpos d'água e regime hidrológico e o biológico constitui-se da fauna e da flora, com destaque das espécies indicadoras da qualidade ambiental. Por fim, o socioeconômico refere-se ao uso e ocupação do solo e dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Ademais, com o intuito de disciplinar e limitar a interferência antrópica em determinadas áreas desses meios, o antigo Código Florestal Brasileiro, lei 4.771:1965, criou as Áreas de Preservação Permanente (APP). Os tipos mais comuns de APP's são as matas ciliares, localizadas junto aos cursos d'água, represas, lagos naturais, ao redor de nascentes, em topo de morros e em declividades maiores que 45° C. O conceito é mantido atualmente pelo Novo Código Florestal, lei 12.651:2012, de modo a preservar os recursos naturais, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, o solo e a segurança do bem-estar das populações (PECHE FILHO *et al.*, 2013).

Nesse sentido, os confrontos diretos e indiretos entre o homem e a natureza tem ocasionado impactos ambientais, como o desflorestamento, as queimadas e a poluição da água. Portanto, tempestades, enchentes, incêndios florestais, terremotos e outros são considerados fenômenos naturais, os quais provocam alterações no meio ambiente, no entanto, não é caracterizado como impacto ambiental (SANCHEZ, 2013).

Em razão disso ocorrem impactos por atividade antrópica. No que tange aos impactos ambientais, o processo de urbanização decorrente do aumento populacional é considerado como um dos problemas agregados a esses impactos, visto que, há ocorrência de ocupação habitacional irregular às margens de rios, o que ocasiona a remoção de matas ciliares, que são vegetação nativa extremamente importante para o corpo hídrico e para manutenção do equilíbrio de determinado ecossistema (DIAS; SANTOS; AGUIAR, 2016).

Essa ocupação, no Brasil, sempre foi caracterizada pela ausência de preparação e, conseqüentemente, por destruir os recursos naturais, em particular, córregos e florestas. Isso ocorre principalmente em áreas (terras) próximas a cursos d'água, devido às condições favoráveis ao transporte, à geração de energia, ao abastecimento e à irrigação para a produção de alimentos destinados ao consumo humano. No entanto, essa ocupação causa um crescimento desordenado de domicílios urbanos em áreas que deveriam ser preservadas para manter o equilíbrio ecológico e hidrológico de uma microbacia (SANTANA, 2011).

Desse modo, os impactos oriundos da urbanização comprometem o corpo hídrico e ocasionam prejuízos para toda a coletividade, uma vez que a degradação dos rios possui um elevado preço, pago em razão de um modelo de crescimento urbano que não está comprometido com o meio ambiente. Grande parte dos problemas relacionados aos recursos hídricos, por exemplo, têm como causas principais a má utilização, a falta de planejamento e a perda de ligação entre sociedade e natureza (MACHADO, 2016).

Para tanto, faz-se necessária a percepção ambiental da população acerca do tema. Essa percepção é entendida como uma tomada de consciência, do ambiente pelo homem, e a compreensão pelo homem do meio ambiente, ou seja, é o modo em que cada indivíduo sente a ambiência ao seu

redor, no sentido mais amplo, envolvendo bem mais que uma percepção sensorial individual, como a visão ou a audição (CARVALHO SOBRINHO; BEZERRA; SUESS, 2013).

No Brasil, esses impactos causados pela urbanização ou por qualquer outro meio e atividade são determinados em uma Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a qual foi estabelecida como instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), Lei n. 6.938:1981. A AIA tem como propósito avaliar previamente os impactos ambientais diante das instalações de atividades consideradas potencialmente poluidoras, antevendo riscos decorrentes do empreendimento, de modo que a AIA é uma das etapas procedimentais para a concessão da licença ambiental (SANTOS, 2013).

Com base nos fatos descritos e na necessidade de monitoramento constante, tem-se a justificativa dessa pesquisa, a qual identificará os impactos causados pela urbanização desordenada, às margens do rio Prainha, próxima a ponte localizada na rua Bujaru, bairro Promissão, no município de Paragominas — PA. Assim, o objetivo desta pesquisa é apresentar o diagnóstico ambiental de um trecho de 10,40 metros do rio Prainha, quanto aos meios físico, biótico e socioeconômico, bem como sugerir ações para reversão do quadro de impacto ambiental negativo, ocasionado por urbanização irregular no referido trecho.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas (Figura 1), localizado às margens da BR 010 (Belém-Brasília) e pertencente à mesorregião sudeste do estado do Pará, possui área de 19.342,254 quilômetros quadrados e população estimada em 110 026 habitantes (IBGE, 2018). O clima do município é do tipo quente e úmido, com temperatura média anual de 26,3 °C e umidade relativa do ar média de 81% (ALVES; CARVALHO; SILVA, 2014).

Figura 1 – Mapa político geográfico e físico de localização do município de Paragominas-PA

(2018).

O solo predominante no município é o Latossolo amarelo, com textura argilosa. O período mais chuvoso é compreendido entre dezembro e maio e o mais seco entre julho e novembro. A hidrografia, no que lhe concerne é constituída pelas bacias hidrográficas do rio Gurupi e do rio Capim, mas apenas os rios Uraim e Paragominas, constituintes da microbacia do rio Uraim, atravessam o perímetro urbano. (FAPESPA, 2016).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no município de Paragominas-PA e está situada às margens do rio Prainha, na zona urbana. Os dois acessos à área são as ruas Bujaru e Carlos Prestes, no (bairro) Promissão. Foi estudada uma área de 108,16 metros quadrados, com largura e comprimento de 10,40 metros (Figura 2).

Figura 2 – Vista superior da área de estudo. Paragominas-PA.

Adaptada a partir do Google Earth.

Dos quatro pontos (P₁, P₂, P₃ e P₄) que delimitam o quadrante, dois estão situados em terra firme e dois no curso do rio. As coordenadas geográficas dos referidos pontos foram marcadas no sentido horário, do ponto P₁ para P₄ (Tabela 1).

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos quatro pontos que delimitam a área de estudo. Paragominas- PA.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
P ₁	2°58'38.84" S	47°21'11.00" O	69 m
P ₂	2°58'39.07" S	47°21'10.76" O	76 m
P ₃	2°58'39.30" S	47°21'11.00" O	83 m
P ₄	2°58'39.07" S	47°21'11.25" O	75 m

Fonte: autores (2018).

ÁREAS ADJACENTES

Além da área de estudo, delimitada pelos pontos P₁, P₂, P₃ e P₄, foram também analisadas áreas adjacentes, por observação das características locais, da fauna, flora e da presença de resíduos e unidades arquitetônicas — UAs (Figura 3).

Figura 3 – Croqui de áreas adjacentes a área de estudo Paragominas-PA

Fonte: autores (2018).

COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados durante visitas a campo, nos dias 19, 20, 21 e 22 de março do ano 2018, nos quais foram feitas mensurações das 14h00 às 18h00 dos respectivos dias e observadas as características fisiográficas do local, além de aplicados formulários (Quadro 1).

Quadro 1 – Atividades realizadas em campo, conforme dia de visita.

DIA/MÊS/ANO	PERÍODO DA VISITA	ATIVIDADES REALIZADAS
19 de março de 2018	15:16h – 18:00h	No primeiro dia de visita a campo, a área de estudo foi identificada e foram delimitados os quatros pontos geográficos limites. Além disso, foi aferida a temperatura em cada ponto médio M_x .
20 de março de 2018	14:05h – 17:45h	No segundo dia, foram aferidos os valores de luminosidade e ruído para todos os pontos M_x , bem como medidos, por amostragem, os diâmetros dos vegetais contidos nas áreas de estudo e adjacentes. Foram ainda mensuradas todas as variáveis (luminosidade, temperatura atmosférica, velocidade, direção e sentido do vento e ruídos) para o rio, além das vazões de calha e margens.
21 de março de 2018	14:21h – 17:01h	No terceiro dia, foram obtidos os dados de velocidade, direção e sentido do vento para os pontos médios terrestres. Além disso, observou-se as características fisiográficas locais, quanto ao relevo, à drenagem, à fauna e à flora.
22 de março de 2018	10:00h – 11:45h	Foram aplicados os formulários para coleta de dados acerca das características socioeconômicas do local.

Fonte: autores (2018).

As coletas foram realizadas em doze pontos no perímetro da área de estudo, com três coletas de cada lado como é possível observar na Figura 4.

Figura 4 – Croqui da área de estudo. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

Para a coleta de dados, cada lateral do quadrante foi dividida em três seções de 3,46 metros. A coleta, no que lhe concerne, foi realizada nos doze pontos correspondentes aos pontos médios (M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 , M_7 , M_8 , M_9 , M_{10} , M_{11} e M_{12}) de cada seção. Neles, foram mensuradas as variáveis ambientais: luminosidade, temperatura, ruído e velocidade, direção e sentido do vento.

Além disso, foram mensuradas as mesmas variáveis, com acréscimo da vazão, em três pontos localizados na calha central do rio Prainha, com intuito de verificar a influência das áreas de estudo e adjacentes sobre o corpo hídrico. O trecho analisado tem início no ponto P_1 , fim no P_2 e meio coincidente com o lugar de mensuração M_2 . Isso ocorre porque a seção P_1 - P_2 coincide com a calha do rio. Assim, foi efetuada apenas uma medição nesse ponto central, com dados analisados para ambas as situações, do quadrante e do rio (Tabela 2).

Tabela 2 – Coordenadas geográficas de coleta de dados na calha do rio. Paragominas-PA.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
P_1	2° 58' 38.74" S	47° 21' 11.14" O	69 m
M_2	2° 58' 38.29" S	47° 21' 11.11" O	71 m
P_2	2° 58' 38.99" S	47° 21' 10.92" O	76 m

Fonte: autores (2018).

A mensuração de todas as variáveis nos pontos do quadrante e do rio foi realizada com auxílio de equipamentos cedidos pelo Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade do Estado do Pará, *Campus VI*, Paragominas: Global Positioning System (Figura 5a); Luxímetro (Figura 5b); Anemômetro (Figura 5c); Decibímetro (Figura 5c).

Figura 5 – a) *Global Positioning System* – GPS; b) luxímetro; c) anemômetro; e d) decibelímetro.

Fonte: autores (2018).

Ademais, cada equipamento possui um grau de confiabilidade em relação a precisão, sendo que esta precisão é dada de acordo com a marca e modelo (Tabela 3).

Tabela 3 – Equipamentos utilizados para mensurações e obtenção do posicionamento planialtimétrico. Paragominas – PA.

EQTO.	MARCA	MODELO	UTILIDADE	UNIDADE
GPS	Garmim	ETREX 30S	Coordenadas geográficas	Graus, minutos e segundos
Luxímetro	Instrutemp	ITLD 260	Luminosidade	Lux
Anemômetro	Instrutemp	ITAN 700	Vento e temperatura	m/s e °C
Decibelímetro	Instrutemp	ITDEC 3000	Ruído	dB

Legenda: EQTO.: Equipamento

Fonte: autores (2018).

Além disso, utilizaram-se outros materiais como: biruta, com abertura de diâmetro de 23cm (Figura 6a); bússola, para identificar sentido e direção do vento (Figura 6b); régua limnimétrica de 50 metros, para medir a profundidade do rio na calha e nas margens (Figura 6c); diastímetro de 30 metros, para mediar as distâncias das seções e o diâmetro dos vegetais (Figura 6d); facão de 46 cm, para abertura de acesso e coleta de amostras (Figura 6e); e galão de 20L e 1 proveta de poliestireno cujo volume é igual a 1000mL para medir a vazão do rio (Figura 6f).

Figura 6 – a) Biruta; b) bússola; c) régua limnimétrica de 50 m; d) diastímetro de 30 m; e) facão de 46 cm; e f) proveta de 1000mL e galão de 20L.

Fonte: autores (2018).

MÉTODO

O método utilizado foi o dedutivo, que foi sintetizado por Prodanov e Freitas (2013), como o estudo parte das teorias e leis consideradas gerais e universais (a urbanização pode causar impactos ambientais) e busca explicar a ocorrência de fenômenos particulares como, por exemplo, danos ambientais causados pela urbanização em um trecho do rio Prainha. Esse método foi complementado com levantamento de dados documentais com recorte temporal situado entre 2009 e 2018, devido aos últimos anos de trabalhos recentes, para uma melhor avaliação de impacto ambiental.

As bases para esse levantamento foram: *Science Eletronic Library Online* (SciELO); Coordenação de Pesquisa e Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), periódicos e Google Scholar. Em relação à pesquisa, ela apresenta abordagem quantitativa, com natureza exploratória e procedimento experimental, de acordo com o descrito por Sakamoto e Silveira (2014).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.

Os dados coletados foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel 2013. Para a mensuração dos parâmetros ambientais e limnimétricos, empregou-se a Estatística Descritiva (média aritmética) com intuito de realizar análise geral do local de estudo quanto à temperatura, à velocidade, sentido e direção dos ventos, à luminosidade, aos ruídos e à vazão (BITTENCOURT, 2014).

Foi também calculado o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 4). Ele indica a correlação entre duas variáveis, de modo que, quanto mais próximo de 1 o valor de r for, maior a relação direta e quanto mais próximo de -1, maior a relação inversa (RUMSEY, 2014). Foram calculados também o coeficiente de determinação R^2 e a equação da reta formada a partir dos gráficos de dispersão, com intuito de indicar o quanto o modelo matemático consegue explicar os valores observados, ou seja, a qualidade de ajuste desse modelo (QUIRINO; REIS; BESSEGATO, 2011).

Tabela 4 – Escala de intensidade para interpretação do coeficiente de Pearson

Valor de r	Definição
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Rumsey (2014).

Para conversão em diâmetro dos dados de circunferência a altura do peito (CAP) obtidos calculou-se o diâmetro da altura do peito (DAP), foi utilizada a Equação 1:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

Além disso, foram aplicados quatro formulários, com 14 perguntas sobre percepção ambiental, aos moradores das áreas adjacentes ao quadrante de estudo. Para esses dados qualitativos obtidos a partir da aplicação do formulário, empregaram-se as frequências absoluta e relativa, com intuito de verificar o número de ocorrência das informações (COSTA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MEIO FÍSICO

Na observação *in situ* do quadrante delimitado para análise do meio físico associados ao corpo hídrico e às áreas adjacentes, foram objetos de análise: a disposição das áreas ao redor, os parâmetros ambientais (vento, temperatura, ruído e luminosidade), além do processo de urbanização com soerguimento de unidades arquitetônicas, e deposição de resíduos sólidos. Dos 108,16 m² da área de estudo, cerca de 84 m² (77,66%), é equivalente à porção terrestre e 24,16 m² (22,33%) à porção aquática (Figura 7).

Figura 7 – Trecho inicial da área de estudo. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Sobre os parâmetros ambientais associados ao clima, foram mensuradas a umidade relativa do ar, observado em campo é bastante úmido, com ocorrência de chuva em três dos quatro dias de prática de campo. Além disso, notou-se a predominância de solo arenoso (Figura 8a) e areno-argiloso (Figura 8b).

Figura 8 – a) vegetação presente na área; b) solo com aspecto areno-argiloso. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Em relação ao solo, foi verificado que o mesmo se apresenta umedecido, o que ocorre devido à frequência pluviométrica e à proximidade com o corpo hídrico. Tais características devem-se à vegetação da área e à região em que ela se encontra, pois, de acordo com estudo efetuado em Paragominas, pela Fundação Amazônica de Amparo à Estudos e Pesquisas – FAPESPA (2016), o mês de março faz parte do período chuvoso da região.

O relevo das áreas de estudo e adjacentes, possui predominância de declives suaves e médios, de formação natural e resultante da ocupação urbana. Esses declives devem-se, principalmente, ao fato de ser uma área próxima ao rio, feição localizada em áreas de menor altitude. A ocupação desorganizada da área foi responsável pelo assoreamento da margem esquerda do rio no trecho próximo ao tanque de piscicultura contido em área adjacente. Em relação a assoreamento, foi realizada uma pesquisa realizada por Souza e Gastaldini (2014) no Rio Grande do Sul, e a análise dos dados obtidos, indicou que esse assoreamento é resultado da supressão da mata ciliar nativa, o que aumenta o poder de erosão e perda de solo. Isso também foi observado na pesquisa realizada em Paragominas.

Em virtude dos declives e do potencial erosivo, percebeu-se a construção de barreiras de contenção, feitas de madeira (Figura 9a) e Resíduos de Construção Civil (RCC), para sustentação do solo (Figura 9b).

Figura 9 – a) Barreira física no tanque de piscicultura; e b) barreira física no declive da rua Carlos Prestes.

Fonte: autores (2018).

Os dados obtidos indicaram a presença de uma das barreiras às margens do tanque de piscicultura e a outra no declive que tem início na rua Carlos Prestes, no bairro Promissão, Loteamento II, que é uma das vias de acesso ao local. Esse tipo de barreira é foi objeto de estudo em Goiânia, por Santana (2011), que concluiu: o objetivo é evitar escorregamentos que comumente ocorreriam, pois eles se encontram alocados em locais inadequados, como uma APP. Em Paragominas, na área analisada, foi observado tal fato. Ademais, observou-se a existência de um dreno pluviométrico (Figura 10a), construído para direcionar a água da chuva ao rio por baixo de um dos taludes existentes na área (Figura 10b).

Figura 10 – a) Dreno pluviométrico antes do talude; b) deságue do efluente no rio após o talude. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Os dados obtidos indicaram que o dreno estava parcialmente obstruído por matéria orgânica e sedimentos, o que prejudica o escoamento da água da chuva. Em relação a isso, Assmann e Lasta

(2015) efetuaram um estudo em São Jorge D'Oeste – PR, e concluíram que, quando isso ocorre, o volume de água pluvial não tem como escoar e, portanto, fica acumulado no perímetro próximo ao talude, até que encontre um desvio, na qual o alagamento é associado a problemas de drenagem. O referido talude é utilizado como acesso a unidades arquitetônicas da área adjacente (Figura 11).

Figura 11 – Talude de acesso às UA's. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

O acesso às UA's a partir da rua Bujaru é feito por meio de um talude, localizado no limite esquerdo do quadrante analisado. Os dados obtidos indicaram que esse mesmo talude é barreira lateral direita de um tanque de piscicultura, situado em área anterior à de estudo, e sob ele há também o escoamento de parte da água desse tanque em direção ao rio. A drenagem de saída desse tanque está localizada no ponto de medição M₅ e encontra-se em parte obstruída.

Nesse sentido, o escoamento laminar e a vazão quase nula dessa saída contribuem, juntamente à presença de macrófitas na margem do corpo hídrico, para que a calha de drenagem concentre água parada (Figura 12).

Figura 12 – Calha de drenagem do tanque de piscicultura localizado anteriormente à área de estudo. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Sobre isso, a análise dos dados obtidos indicou a presença de resina lipídica na superfície da água. Essa formação de resinas superficiais em corpos hídricos e as macrófitas, foi objeto de estudo em Neópolis - SE, por Silva *et al.* (2014). Esses autores concluíram que esses vegetais reduzem a velocidade de escoamento da água nas margens do rio, onde estão localizados, e concentram material lipídico e alguns contaminantes para nutrição. Logo, isso está ocorrendo nas áreas pesquisadas em Paragominas.

Quanto às três UA's da área, elas estão localizadas na margem esquerda do tanque de piscicultura (Figura 13a) e evidenciam a área com característica mais urbanizada (Figuras 13b, c).

Figura 13 – a) Tanque de piscicultura em área adjacente; b) UA's, RCC e RSD; e c) rua Carlos Prestes. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou a maior presença de RCC e RSD nessas áreas. Este último também está presente dentro do tanque, que tem escoamento em direção ao rio, por meio de dreno subterrâneo. Sobre isso, foi realizada uma pesquisa na Índia, por Sharma e Kansal (2010), e os dados obtidos indicaram que o declive do terreno, associado à presença desses resíduos e da urbanização, contribuem para a lixiviação de matéria orgânica e de resíduos para o curso d'água. Tais fatos também foram observados na pesquisa realizada em Paragominas.

Quanto à análise do quadrante, foram correlacionadas entre si para o trecho **P1-P2** o parâmetro ambiental “luminosidade” com outras três variáveis, para verificar a interação entre elas: velocidade do vento x luminosidade (Figura 14a); ruído x luminosidade (Figura 14b), Temperatura do ar x luminosidade (Figura 14c) de cada trecho lateral do quadrante de estudo.

Figura 14 – a) Correlação entre velocidade do vento e luminosidade; b) correlação entre ruído e luminosidade; e c) correlação entre temperatura e luminosidade. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou, para o trecho **P1-P2**, um moderado ajuste entre as variáveis velocidade do vento e luminosidade. A relação entre ambos os parâmetros está relacionada à possibilidade de desvio de feixes de luz a partir da ação do vento, conforme estudo de Marques (2017), efetuado em São Paulo, acerca do uso de feixes de luz para detectar o movimento do ar. Tal fenômeno pode interferir na quantidade de luminosidade que chega à superfície terrestre.

Quanto às variáveis temperatura e luminosidade, foi observada uma forte correlação, de grande inversa, entre elas ($r = -0,944$). Estudo realizado em São Paulo, por Romero (2011), concluiu que isso ocorre, principalmente, porque os corpos absorvem radiação solar e irradiam calor. Além disso, a luminosidade oriunda do Sol é bloqueada, principalmente, pelo dióxido de carbono (CO_2) e fica em parte retida na atmosfera, de modo que contribui para que o planeta permaneça aquecido.

No que se refere às correlações entre temperatura e velocidade do vento, temperatura e ruído e velocidade do vento e ruído, tem-se que os modelos matemáticos da reta possuem forte ajuste às amostras (Figuras 15a, 15b e 15c).

Figura 15 - a) Correlação entre velocidade do vento e temperatura; b) correlação entre ruído e temperatura; e (c) correlação entre ruído e velocidade do vento. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados obtidos indicou uma correlação muito forte ($r = 0,9985$) entre o ruído e a velocidade do vento. Pode-se afirmar que isso ocorre devido ao transporte das ondas sonoras ser realizado por meio das massas de ar. Pesquisa realizada por Halliday e Resnick (2009) acerca de princípios físicos, indicou que as ondas sonoras são ondas mecânicas, as quais precisam de um meio material para se propagar, nesse caso o vento.

Em relação aos valores para o trecho **P2-P3**, correlacionou-se as mesmas variáveis (Figuras 16a, 16b, 16c).

Figura 16 – a) Correlação entre temperatura do ar e luminosidade; b) correlação entre velocidade do vento e luminosidade; e (c) correlação entre ruído e luminosidade. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados obtidos indicou forte correlação ($r = 0,994$) entre a velocidade do vento e a luminosidade. Nesse sentido, pesquisa realizada por Marques (2017), em São Paulo, concluiu que essa relação pode ser dada pela interferência do vento na emissão de luminosidade, uma vez que ele pode provocar desvio de direção em um feixe de luz. A partir dessa relação pode-se ainda inferir a velocidade do vento. Nesse sentido, tem-se as relações entre velocidade do vento x temperatura (Figura 17a); ruído x temperatura do ar (Figura 17b) e ruído (Figuras 17c).

Figura 17 – (a) Correlação entre velocidade do vento e temperatura do ar; (b) correlação entre ruído e temperatura do ar; e (c) correlação entre ruído e velocidade do vento. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados obtidos indicou que as correlações em A e B são fortes ($r = 0,819$; $r = -0,980$), de modo que a primeira é de grandeza direta e a segunda inversa, enquanto a correlação em C é de grandeza inversa e de intensidade moderada ($r = -0,680$). A correlação mais forte é aquela entre temperatura do ar e ruído.

No entanto, por tratar-se de temperatura do ar atmosférica, estudo efetuado por Bühlmann e Blokland (2014), na Cracóvia, concluiu que a medição da temperatura do ar atmosférica não influencia no nível de ruído, pois o ar é pouco sensível à radiação solar, assim como à variação da cobertura de nuvens e à cor das superfícies. Apesar disso, pode-se perceber tal relação quando a temperatura do ar é mensurada para outros tipos de substâncias e materiais que não o ar atmosférico, como pneus automotivos.

Em relação ao trecho **P3-P4**, também foi calculada a correlação entre os parâmetros ambientais velocidade do vento, luminosidade, ruído e temperatura do ar (Figuras 18a, 18b e 18c).

Figura 18 – (a) Correlação entre temperatura do ar e luminosidade; (b) correlação entre velocidade do vento e luminosidade; e (c) correlação entre ruído e luminosidade. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que todas as correlações efetuadas são de grandeza direta, de modo que em A ela é forte ($r = 0,8946$), em B é muito forte ($r = 0,933$) e em C é moderada ($r = 0,648$). Dessa forma, observa-se que a correlação mais forte para o trecho ocorre entre a velocidade do vento e a luminosidade, assim como a correlação para o trecho **P2-P3**. Isso deve-se à possibilidade de interferência do vento na emissão de luminosidade, por meio do desvio da direção de um feixe de luz, conforme estudo de Marques (2017), efetuado em São Paulo.

Para verificação das interferências de parâmetros ambientais analisados, efetuaram-se correlações entre elas, a saber: Velocidade do vento x temperatura (Figura 19a), ruído x temperatura (Figura 19b); ruído x velocidade do vento (Figura 19c).

Figura 19 – (a) Correlação entre velocidade do vento e temperatura do ar; (b) correlação entre ruído e temperatura do ar; e (c) correlação entre ruído e velocidade do vento. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018)

Os dados obtidos indicaram uma correlação de grandeza direta muito forte em A ($r = 0,995$), para a velocidade do vento e a temperatura do ar. Isso deve-se ao efeito que a temperatura do ar tem sobre as correntes de vento, o que, de acordo com estudo realizado por Tomasini (2011), em Lajeado - RS, ocorre, pois, a energia em movimento nas correntes de circulação de ar resulta das diferenças de temperatura do ar entre distintas regiões. Essas diferenças induzem os movimentos do ar a restabelecer o equilíbrio térmico e barométrico, o que influencia na formação e na velocidade dos ventos. Contudo, a formação dos ventos depende ainda de diversos outros fatores, como o movimento de rotação da Terra, mas que não foram objetos dessa pesquisa.

Para a análise do quadrante de estudo, foram, por fim, plotados os gráficos de dispersão entre os parâmetros ambientais em estudo para o trecho **P4-P1** (Figuras 20a, 20b e 20c).

Figura 20 – (a) Correlação entre temperatura do ar e luminosidade; (b) correlação entre velocidade do vento e luminosidade; e (c) correlação entre ruído e luminosidade. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que as correlações são de grandeza direta, de modo que as mais fortes são para temperatura do ar e luminosidade ($r = 0,7534$), além de ruído e luminosidade ($r = 0,8755$), com moderada ($r = 0,597$) correlação entre os parâmetros ambientais velocidade do vento e luminosidade. Por fim, a correlação entre os parâmetros ambientais: velocidade do vento x temperatura do ar (Figura 21a); ruído x temperatura (Figura 21b); ruído x velocidade do vento (Figura 21c).

Figura 21 – (a) Correlação entre velocidade do vento e temperatura do ar; (b) correlação entre ruído e temperatura do ar; e (c) correlação entre ruído e velocidade do vento. Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

Os dados indicaram que as correlações mais fortes obtidas para o trecho **P₄-P₁** foram entre velocidade do vento e temperatura do ar, além de ruído e temperatura do ar ($r = 0,9774$; $r = 0,9774$) e que elas são de grandeza da ordem direta. Ambas as correlações foram observadas para os trechos **P₁-P₂** e **P₂-P₃**, de modo que as relações se repetem, pois, a área de estudo é pouco extensa, o que resulta na suave variação de dados entre cada trecho do quadrante estudado.

Com relação à comparação entre os valores dos parâmetros ambientais dos Trecho **P₁-P₂** (FIGURA 22a) e **P₃-P₄** (Figura 22b), observou-se a linearidade dos valores para a calha central e a margem.

Figura 22 – (a) Comparação entre os parâmetros ambientais dos trechos **P₁-P₂** e **P₃-P₄**; e (b) Comparação entre os parâmetros ambientais dos trechos **P₂-P₃** e **P₄-P₁**. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que os valores de cada dois trechos paralelos se assemelham. Isso ocorre por estarem posicionados a uma pequena distância um do outro (10,4 metros), o que não ocasiona grandes divergências de valores. Contudo, estudo efetuado por Ferreira (2013), em São Paulo, concluiu que a presença de árvores pode influenciar em pequenas variações de temperatura do ar, luminosidade, ruídos e velocidade do vento, pois, elas funcionam como barreira física.

Quanto à análise do corpo hídrico, os dados obtidos para luminosidade do rio Prainha apresentaram variação (Figura 23).

Figura 23 – Comparação entre as luminosidades no meandro e na margem. Rio Prainha. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou luminosidade mais intensa para os pontos da calha central do rio, o que se deve à maior exposição do local aos raios solares por falta de cobertura vegetal. No entanto, pesquisa realizada por Querino, Moura e Querino (2013), em Marechal Deodoro-AL, e os

dados indicaram que, onde há presença de vegetação marginal ocorre a diminuição da luminosidade e consequentemente, da temperatura. No rio Prainha, margem esquerda analisada isso não ocorre devido à presença de alguns vegetais, os quais refletem parte da luminosidade incidente (albedo). Essa barreira é percebida com maior intensidade na margem, no sentido de **P₁**, onde há presença de vegetais que provocam sombreamento no ponto de medição, coincidente com o ponto **M₁₂**, e diminuem a luminosidade.

Em relação à velocidade do vento na calha central e na margem, os dados indicaram uma tendência à similaridade entre o meandro e a margem (Figura 24).

Figura 24 – Comparação entre as velocidades do vento no meandro e na margem. Rio Prainha. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou a linearidade de velocidade do vento nos pontos **P₂** e **M₂** e uma redução de valores para o ponto **P₁**. Isso ocorre porque o sentido do curso do rio é de **P₂** para **P₁**, de modo que nesse último há presença de espécies lenhosas à margem esquerda, as quais funcionam como barreiras físicas à propagação dos ventos. Estudo realizado por Mattosinho (2016), em Ilha Solteira - SP, conclui que a vegetação dissipa parte da energia e amortecce as ondas geradas por ventos.

Quanto aos ruídos, observou-se linearidade para os valores, com exceção da margem, na direção de **P₂** (Figura 25).

Figura 25 – Comparação entre as velocidades do vento no meandro e na margem. Rio Prainha. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que a maior variação de ruído foi no ponto **P₂**, onde os valores da margem esquerda foram superiores em relação à calha central. Tais valores devem-se à maior proximidade do ponto **P₂** com a rua Bujaru e com a circulação de pessoas, pois o talude de acesso a algumas UA's está localizado mais próximo desse ponto do que dos outros. Pesquisa realizada por Brito (2009), em Natal-RN, indica que os ruídos decaem com o aumento da distância, o que ocorre para os pontos **M₂** e **P₁**.

Em relação à temperatura do ar, verificou-se uma maior variação, principalmente quanto aos locais de medição (Figura 26).

Figura 26 – Comparação entre a temperatura do ar no meandro e na margem. Rio Prainha. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que a temperatura do ar medida na calha central é maior que aquela mensurada nas margens. Assim como a luminosidade, a temperatura do ar também é influenciada pela presença de cobertura e pela incidência de raios solares. Estudo efetuado por Ferreira (2013), em São Paulo, conclui que a vegetação interage com elementos climáticos, dentre eles a temperatura do ar. Nesse caso, além dos vegetais lenhosos presentes na mata ciliar, as macrófitas nas margens também contribuem para a redução da temperatura do ar, possivelmente, devido o sombreamento da superfície e menor absorção de raios solares pela água.

Quanto à vazão, observou-se a variação mais intensa entre os valores de meandro e margem (Figura 27).

Figura 27 – Comparação entre as vazões no meandro e na margem. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou que a variável que sofre modificação mais significativa é a vazão, pois na calha central há mais espaço para a água escoar e menos barreiras físicas. A vazão na margem esquerda apresentou valores baixos devido à proximidade com o solo, o que causa atrito, e à presença de macrófitas às margens do rio, principalmente para a margem de **P2**, onde a população desse vegetal é maior e os valores de vazão são menores. Pesquisa realizada por Silva et al. (2014), em Neópolis - SE, indica que a presença de macrófitas aquáticas também reduz a velocidade de escoamento com intuito de concentrar substâncias e sedimentos utilizados para nutrição.

CONCLUSÃO

Os dados qualitativos evidenciaram os impactos ocasionados devido à urbanização à margem esquerda do rio Prainha. Nesse sentido, verificou-se a presença de RCC e RSD, gerados pelos moradores do trecho em análise, próximo à ponte da rua Bujaru, Promissão. Identificou-se ainda a presença de indicadores ambientais, como macrófitas aquáticas e libélulas, além de locais que contribuem para a lixiviação de resíduos e de matéria orgânica em direção ao rio. Esses problemas, além de ocasionarem a degradação do ecossistema terrestre, impactam o corpo d'água e a qualidade de vida da circunvizinhança entorno do rio.

Dessa forma, por meio da revitalização do corpo hídrico e da área ao seu redor, é possível recuperar o local, com a implementação de medidas que solucionem os problemas de coleta de resíduos urbanos e de efluentes. Nesse sentido, recomenda-se a construção de uma estação de tratamento de esgoto para que, posteriormente, a água tratada ser lançada no rio Prainha. Além disso, faz-se necessária também a retirada do lixo urbano que se encontra disposto de forma inadequada no entorno do rio. A implantação de um programa de educação ambiental também colabora para a melhoria da percepção ambiental dos moradores da circunvizinhança, pois a contribuição tanto do poder público quanto da população se torna indispensável para que a preservação e conservação do ambiente tenha êxito.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. **Diagnóstico agrícola do município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; De CARVALHO, A. D. J.; FILHO, M. M.; VILELA, M. J.; **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida do tipo japonesa**. Embrapa hortaliça. Brasília – DF. 2014.
- ANJOS, M.R.; SOUZA, V.C.; SANTIAGO, N.G.M.; BIUDES, M.S.; FULAN, J.A. piscicultura no sudoeste da Amazônia brasileira: o caso de Rondônia em 2009. **Global Science And Technology**, v. 8, n. 2, p. 143-152, 2015.
- ANTUNES, C. M. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambiental**. Rio de Janeiro, n.32, 2014.
- ARAÚJO, M. S.; RODRIGUES, C. A.; OLIVEIRA, M. A.; JESUS, F. G. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 8–12, jul./set. 2015.
- ASSMANN, A. P.; LASTA, C. D. **A influência da drenagem urbana nas enchentes rurais**: estudo de caso no município de São José D'Oeste – PR. 2015. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.
- BITTENCOURT, H. R. **Estatística Aplicada à Engenharia**. Rio Grande do Sul: PUC-RS, 2014. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/helio/Especializacao_em_engenharia_de_processos_e_de_sistemas_de_producao/estatistica/material_heliofinal2014.pdf>. Acesso em 22 mar. 2018.
- BOTTI, J. M. C. *et al.* Controle alternativo do *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) com extratos de diferentes espécies de plantas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 10, n. 2, p. 178-183, 2015.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/>>

BRASIL. **Lei n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 mai. 2012, p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651>

BRASIL. **Lei n. 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 set. 1965, p. 9829. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm#art50>. Acesso em 21 mar. 2018.

BRASIL. **Lei n. 6.938**, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em 21 de mar. 2017.

BRITO, L. A. P. F. Metodologia para estimativa do ruído de tráfego: aspectos práticos e de precisão. In: ENCONTRO NACIONAL. ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTE E MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6. 2009, Natal. **Anais...** Natal: FAU-USP, 2009.

BÜHLMANN, E.; BLOKLAND, G. **Temperature effects on tyre-noise: A review of empirical research**. In: FORUM ACUSTICUM, Krakow, sep. 2014. Disponível em: <https://www.mp.nl/sites/all/files/publicaties/B%C3%BChlmannAndVanBlokland_2014_TemperatureEffectsOnTyreRoadNoise-AReviewOfEmpiricalResearch.pdf>. Acesso em 23 mar. 2018.

CARVALHO SOBRINHO, H.; BEZERRA, R. G.; SUESS, R. C. Percepção ambiental de diferentes atores sociais sobre o Lago do Abreu em Formosa — GO. **Holos**. Goiás, v. 6, n. 29, p. 241 – 258, dez. 2013.

CIPRIANO, P.A. Antocianina de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e casca de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba*) na formação de bebidas isotônicas. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. <[compilado.htm](#)>. Acesso em 21 mar. 2018.

COSTA, F. M. **Estatística**. Centro de Ciências Sociais e Educação. Belém: Uepa, 2011.

CUNHA et al, A. H. N. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. Enciclopédia Biosfera, centro científico conhecer. Goiânia, v.7, n.13 p. 1225, 2011.

DHOTE, S.; DIXIT, S. Water quality improvement through macrophytes—a review. *Environ Monit Assess*, 152. p. 149–153, 2009.

DIAS, D. H. B. S.; SANTOS, P. A.; AGUIAR, R. G. Características socioambientais da população entorno da área de preservação permanente do rio Urupá em Ji-Paraná/RO. *Revista Jornada Científica da UNESC*. Santa Catarina, v. 8, n. 1, p. 1 – 8, 2016.

DIAS, D. H. B. S.; SANTOS, P. A.; AGUIAR, R. G. Características socioambientais da população entorno da área de preservação permanente do rio Urupá em Ji-Paraná/RO. *Revista Jornada Científica da UNESC*. Santa Catarina, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2016.

EIRAS, P. P; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista científica internacional**, n. 17, p. 96-124, abr. /jun. 2011.

FAGGIONATO, S. Percepção Ambiental. **Material e Textos**. (2011). Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html. Acesso em: 23 mar. 2018.

FAPESPA. FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **Estatísticas municipais paraenses: Paragominas**, Belém, n. 1, jul./dez. 2016.

FERNANDES, L. G.; SANSOLO, D. G. Percepção ambiental dos moradores da cidade de São Vicente sobre os resíduos sólidos na Praia do Gonzaguinha. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. São Paulo. v.13, n. 3, p. 379–389, 2013.

FERREIRA, C. F. C. *et al.* Percepção ambiental sobre usos dos recursos aquáticos e sua relação com os resíduos sólidos no Rio Anil: estudo de caso para subsidiar ações educativas em São Luís – MA. **Revista Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 21, n. 2, p. 25-40. 2016

FERREIRA, L. S. Vegetação em áreas urbanas: benefícios e custos associados. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 124-143, jul. 2013.

FORTES, F. C. Impacto ambiental x ação antrópica: um estudo de caso no igarapé grande – barreirinha em Boa Vista/RR. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 6., 2015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IBEAS, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. v. 2. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>>. Acesso em 20 mar. 2018.

KLUTHCOVSKY, A. C. G. C.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Qualidade de vida - aspectos conceituais. **Revista Salus**, Guarapuava, v. 1, n. 1, 2010.

MACHADO, P. J. O Urbanização e qualidade das águas do córrego independência, Juiz de Fora- MG. **Revista Equador**. Piauí, v. 5, n. 5, p.20 – 35, 2, 2016.

MANSANO, C. N.; SARRÃO, A.; SARRÃO C. Percepção da paisagem de alguns frequentadores do Parque do Ingá na cidade de Maringá-PR. **Simpósio de Estudos Urbanos, Anais...** Campo Mourão, v.6, 2011.

MARQUES, M. T. A. **Obtenção da altura da camada limite planetária através da análise espectral do campo de vento do lidar Doppler**. 2017. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

MATTOSINHO, G. O. **Dissipação de Energia de Ondas Geradas por Ventos em Reservatórios de Barragens, devido à presença de vegetação**. 2016. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

MOTA, J. C. *et al.* **Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO. 1. 2009. Paraíba. **Anais...** Campina Grande, 2009.

OLIVEIRA, A. L. *et al.* Análise Qualitativa dos Impactos Ambientais no Meio Abiótico em um Depósito de Resíduos Sólidos. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.11 n.22; p. 184. 2015.

PECHE FILHO, A. *et al.* Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 443 – 449, jan. 2013.

PEREIRA, L. C. **Localização do município de Paragominas-PA**. Paragominas, 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, K. A. S. M. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2013.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

ROMERO, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 9-22, 2011.

RUMSEY, D. **Estatística II para leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos e Iniciação Científica**. São Paulo: Paulus, 2014.

SAMPAIO, A.B.; SCHMIDT, I.B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**., v. 2, p.32-49, 2014.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTANA, M. N. R. Identificação dos impactos ambientais da ocupação irregular na Área de Preservação Permanente (APP) do córrego Tamanduá em Aparecida de Goiânia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais...** Londrina: UNOPAR, 2011.

SANTOS, I. D. C. A avaliação de impacto ambiental e a responsabilidade do Brasil diante da degradação ao meio ambiente. **Revista Interfaces Científicas**. Aracaju, v.1, n.2, p. 67-74, fev. 2013.

SHARMA, D.; KANSAL, A. **Assessment of diffuse water pollution load from an urban catchment in India**. Índia: Novatech, 2010. Disponível em: <<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/35717/31710-384SHA.pdf?sequence=1>>. Acesso em 20 mar. 2018.

SILVA, A. D. R. et al. Eficiência do aguapé sobre parâmetros ambientais limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de Tambaqui. **Acta Amazônia**, v. 44, n. 2, p. 255-262, 2014.

SILVA, D. S. *et al.* Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”. **Interface**. Tocantins, v. n. 4, mai. 2012.

SOUZA, F. G.; CHAVES, L. H. G.; ALVES A. N. Diagnose por subtração para deficiências de nitrogênio e potássio em gergelim cultivado com solução nutritiva. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 3, p. 171-176, 2016.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Eng Sanit Ambient**, v. 19, n. 3, p. 236-274, jul. /set. 2014.

TEIXEIRA, A. W. F. Proposta de revitalização de áreas degradadas: estudo de caso da Lagoa Pirapitinga. **Revista Especialize On-line IPOG**. Goiânia, v.01, n.11, P. 01 – 20, julho, 2015.

TOMASINI, J. **Padrão de variabilidade do vento à superfície, em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil**: implicações ambientais. 2011. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2011.

VIEIRA, M. S. G.; FERREIRA, R. L.; OLIVATI, F. N. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade** - v.5, n.3, p. 36-49, 2014.

Nathália Melo Giuliatti

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
nathaliagiuliatti@hotmail.com

Cleiciane Silva da Conceição

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
cleicesilva17.eng@gmail.com

Karoliny Costa Santos

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
karoliny_km@hotmail.com

Julinho Brito do Vale

Acadêmico de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
julynho20brito@gmail.com

Antônio Pereira Junior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA EM POÇOS
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA**

Lavínia Lima Pereira, Adriana Santos da Silveira, Andreia Fernandes Gonçalves, Jaqueline Prestes de Cristo, Jéssica Inês Silva Nunes, Ronaldo Pimentel Ribeiro, Antônio Pereira Júnior.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-09

INTRODUÇÃO

A água é uma substância indispensável para a vida do homem e dos demais seres vivos que habitam nosso planeta. Mesmo estando $\frac{3}{4}$ da Terra coberta por esse líquido, menos de 1% encontra-se armazenada nos lençóis subterrâneos, lagos e rios, em condições de ser captada para o consumo humano (IGINO, 2014).

Além disso, ela é o elemento essencial para o desenvolvimento e a manutenção da vida, mas somente 3% das reservas existentes em nosso planeta são constituídas de água doce. Desse total, apenas 0,3% pode ser aproveitado para consumo humano, sendo 0,01% de origem superficial (rios e lagos) e 0,29% subterrâneas. Os mananciais restantes são constituídos por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grande profundidade, o que torna inviável economicamente seu aproveitamento para o consumo das populações (COSTA, 2012).

A principal fonte das águas subterrâneas são as chuvas sobre a superfície do solo, onde, uma pequena parte dela infiltra e se aloja na chamada “zona saturada”. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais (BLANK; VIEIRA, 2014). Para evitar esses efeitos indesejáveis, deve-se trata-la e manter a potabilidade da água para consumo humano dentro dos parâmetros microbiológicos que avaliam as condições desse recurso natural, há contagem das bactérias heterotróficas definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes (MONDINI; SILVA; LÚCIO, 2011). As diretrizes deles, são estabelecidos de acordo com as legislações vigentes que, atualmente, são, a Portaria no 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde e a Resolução no 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA (BRASIL, 2011; ZERWES *et al.*, 2015).

Em relação as características físicas da qualidade da água, espera-se que esta seja transparente, sem cor, cheiro e sabor, para estar adequada ao consumo humano. Os parâmetros químicos são os mais importantes para se caracterizar a qualidade da água, pois, permitem classificá-la por seu conteúdo mineral, determinar o grau de contaminação, destacar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção dos seres vivos aquáticos (PALUDO, 2010).

Já os parâmetros químicos envolvem o potencial hidrogeniônico (pH), acidez, oxigênio dissolvido (OD), fósforo (P), cloretos (Cl-), dentre outros. Estes são os parâmetros mais utilizados para caracterizar a qualidade da água, onde são avaliados o conteúdo orgânico, a força iônica, gases dissolvidos, nutrientes, presença de compostos orgânicos sintéticos, dentre outros (NOGUEIRA; COSTA; PEREIRA, 2015).

Ademais, as águas subterrâneas compõem uma etapa do ciclo hidrológico, pois, constituem parte da água precipitada, de modo que após a precipitação, o volume do fluido que chega ao solo se infiltra e percola ou atravessa no interior do subsolo, preenchendo os poros ou vazios inter-granulares das rochas sedimentares, ou ruptura, falhas e fissuras dos pedregulhos cristalinos, e quando submetida às forças de adesão e de gravidade exercem uma função fundamental no mantimento da umidade da

superfície sólida da crosta terrestre, do fluxo dos rios, lagos e brejos (AGUIAR; MORAES NETO, 2015).

Dentre as diferentes maneiras de se adquirir água, têm-se os poços rasos cada vez mais utilizada para o consumo humano, pois, além de ser economicamente viável é uma fonte de abastecimento indispensável para as populações que não tem acesso à rede pública de fornecimento desse recurso natural. Isso pode ser efetuado em reservatórios com diâmetro mínimo de 90 centímetros, geralmente entre 10 de 20 metros de profundidade, destinado ao suprimento individual ou coletivo, podendo obter de dois a três mil litros de fluidos por dia (ZAN *et al.*, 2012).

Dessa forma, a contaminação das águas subterrâneas ocorre, sobretudo por infiltração de fossas sépticas e negras, de efluentes industriais, vazamentos de redes de esgoto e de galerias de recursos hídricos pluviais, intrusão de água salina do mar, poluição por aterros sanitários e lixões e uso inadequado de fertilizantes nitrogenados (AGUIAR; MORAES NETO, 2015).

Com isso, as doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos nocivos de origem entérica, animal ou humana, transmitidas basicamente pela via fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado, ou poluído com excreções. Desta forma, a água de consumo humano é um dos importantes veículos de doenças de origem hídrica como diarreias, hepatite, dentre outras, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica (REIS, 2017).

Desse modo, o crescimento dos centros urbanos e comerciais, somados a falta de informação da população referente à distância necessária entre os poços e as fossas, vinculados ao uso dessa água para o consumo dos habitantes. Essas problemáticas incrementam a relevância dessa pesquisa, que tem por objetivo a análise microbiológica e físico-química da qualidade da água de poços artesianos no bairro Angelim do município de Paragominas-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados para coleta e análise, diferenciaram-se de acordo com as ações praticadas (Tabela 1).

Tabela 1 – materiais utilizados para coleta e análise da água de poços artesianos do bairro Angelim, Paragominas – PA.

Coleta de água	Análise laboratorial	Substâncias
- Frascos de vidro (V=550 mL)	Autoclave de bancada (modelo)	- Plate Count Agar
- Isopor (marca)	Balança (modelo AY220)	
- GPS (Garmin Modelo Etrex 30S)	Becker (V=500 mL)	
- Diastímetro (50metros)	Erlenmeyer (V=250 mL)	
- Multiparâmetro (Lutron WA-2015)	Estufas: bacteriológica e de esterilização e secagem	
	Pipeta: graduada de polietileno (V= 2mL); roll-on (V=10 mL) e volumétrica de vidro (V=10 mL)	
	Placas de Petri (medir)	
	Vidro de relógio	
	Bastão de vidro	

Fonte: autores (2018).

A pesquisa é de caráter dedutivo, pois, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), é o método que parte de uma premissa geral para duas, ou mais, premissas particulares. Segundo Silveira e Córdova (2009), a abordagem é qualiquantitativa, pois, a pesquisa trata de compreender e representar numericamente os dados obtidos. Com relação ao objetivo é de pesquisa explicativa, já que esclarece o porquê das coisas através dos resultados oferecidos. Como complementação do método utilizado,

foi efetuado um levantamento de dados documentais com recorte temporal situado entre 2009 e 2018, em função do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Para melhor aplicabilidade deste método, ele foi dividido em três etapas (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma das etapas de aplicação da metodologia utilizada nesta pesquisa. Paragominas – PA

Fonte: autores (2018).

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O estudo foi conduzido no município de Paragominas (Figura 1), a nordeste do Estado do Pará, com uma área de 19,300 km², localizado a 320 km de Belém. Em 2010 sua população contava com 97,788 habitantes. A vegetação original da região era composta principalmente por florestas tropicais densas de terra firme e perenes. Os solos da região são predominantemente do tipo latossolo amarelo, isto é, ricos em argila, e sua fertilidade é muito baixa (MARTINS *et al.*, 2013).

Figura 1 – Mapa político geográfico da localização do município de Paragominas – PA.

Fonte: Carneiro *et al.* (2017).

O município está situado a 2° 59' S e 47° 21' O, com altitude média de 89 m. O clima é classificado como Aw, segundo Köppen, com médias anuais de precipitação. A umidade relativa e temperatura de 1,743 mm, 81% e 26,3° C, respectivamente, verificando-se no período de julho a novembro baixa disponibilidade hídrica. O município possui 1.932.000 ha, com cerca de 490,000 há de pastagens (ALVES *et al.*, 2014).

A análise laboratorial microbiológica (bactérias heterotróficas) e físico-química hídrica foi realizada de acordo com o manual da Fundação Nacional de Águas (FUNASA, 2013). Todas as vidrarias utilizadas no processo passaram pela autoclave e posteriormente para a estufa de secagem. A amostragem da água ocorreu no dia 22 de novembro de 2018, no período seco, de 07h e 47 min às 09 horas da manhã, em cinco residências que apresentavam poços artesianos.

Foram coletadas cinco amostras, uma em cada ponto, em torneiras de diferentes residências. Para a coleta em controladores de fluxo, eles foram previamente esterilizados com um chumaço de algodão umedecido com álcool (92% de concentração). Após cinco minutos, o controlador de fluxo foi aberto e a água coletada em frasco de vidros com tampas rosqueadas cujo volume foi equivalente a 500 mL.

Em seguida, as amostras foram acondicionadas no isopor com gelo e encaminhadas para os laboratórios de Química da Universidade do Estado do Pará, Campus IV. Paragominas-PA. Os respectivos pontos de coleta foram denominados como: **P₁**, **P₂**, **P₃**, **P₄** e **P₅** (Figura 3).

Figura 3 – Cartografia da localização dos pontos de coleta e do bairro Angelim. Paragominas – PA.

Fonte: Araújo (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A análise dos dados obtidos indicou que os pH das amostras estão bem próximos à neutralidade, segundo o preconizado pela Portaria n.º 2914/2011 do Ministério da Saúde, onde os valores do pH da água deve estar entre 6,0 e 9,5. No entanto, os valores encontrados para o potencial hidrogeniônico estão dentro do padrão recomendado pela portaria.

Em relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), as águas de todas as residências apresentaram valores menores que 5 mg/L, com tendências de variações situadas entre 2,3 mg/L (**P3**) e 4,45 mg/L (**P2**), o que indica que há possibilidade da existência de matéria orgânica na água dessas residências. Sobre as variações quanto ao OD, Zerwes *et al.*, (2015), efetuou estudo em Imigrante — RS, e concluíram que o baixo nível de oxigênio dissolvido indica consumo de oxigênio por decomposição da matéria orgânica ou respiração realizada por micro-organismos. Essa ocorrência foi evidenciada na pesquisa realizada em Paragominas — PA.

No que diz respeito à condutividade elétrica, o valor obtido da média foi de 0,3485 $\mu\text{S}/\text{cm}$, porém, na pesquisa feita por Santos e Mohr (2013), nas cidades de Chiapeta e Santo Antônio das Missões, ambas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, os dados indicaram que a condutividade da água não indica nenhum risco à saúde humana. No entanto, pelo valor dela, pode-se calcular a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), o qual oferece risco, pois, quando em excesso, tornam a água desagradável ao paladar, com a possibilidade de corroer as tubulações e o consumo tem grandes hipóteses de causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e a formação de cálculos renais.

Quanto a temperatura, a análise dos dados indicaram uma tendência de elevação ($\bar{x} = 30,76^\circ\text{C}$), já que a coleta foi realizada no período seco. Acerca da temperatura em corpos hídricos, no estudo efetuado por Macedo, Rempel e Maciel (2017), no município de Vale do Taquari — RS, os autores concluíram que a temperatura da água é fundamental, pois, ela intensifica as reações químicas, diminui a solubilidade dos gases, evidencia a sensação de sabor e odor (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados obtidos pelos parâmetros físico-químicos dos pontos de coleta. Paragominas - PA.

2 Resultados obtidos pelos parâmetros físico-químicos dos pontos de coleta: Paragominas					
Pontos	Coordenadas	Parâmetros Físico-Químico			
		pH	OD (mg/L)	T (°C)	Ce (µs/cm)
		-----Média -----			
1	23M 237586 UTM 9669414	6,85	4	31	0.4445
2	23M 237716 UTM 9669252	6,88	4.45	29.425	0.2935
3	23M 237592 UTM 9669478	6,91	2.3	31.475	0.435
4	23M 237521 UTM 9669459	6,92	3.5	31.3	0.3285
5	23M 237465 UTM 9669455	6,94	3.45	30.6	0.241
Média		6.9	3.54	30.76	0.3485

Fonte: autores (2018)

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Os dados obtidos nessa pesquisa comprovaram a existência de bactérias heterotróficas (Figura 3), na água de todas as residências. A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece como padrão o limite de 500 UFC/mL. A presença desses micro-organismos está dentro do limite padrão desta portaria, pois, por meio da análise microbiológica foi possível obter o número de colônias bacterianas em 1 mL de cada amostra coletada (Figura 3).

Figura 3 – Valores obtidos para as bactérias heterotróficas dos pontos **P₁** a **P₅**. Bairro Angelim. Paragominas- PA.

Fonte: autores (2018)

Nos pontos **P₃** e **P₄**, foi possível concluir através da leitura da média aritmética os maiores valores de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas, visto que a distância do poço tubular para a fossa do **P₄** é menor que 1,5 metros. O que permite afirmar que os micro-organismo são provenientes da escoação da água da fossa em períodos chuvosos. Já no **P₃** a distância do poço amazônico para a fossa é de 30 metros, isso indica que a contaminação da água por tais microorganismos são oriundas de outros meios.

O estudo efetuado por Mondini, Silva e Lucio (2011), a pesquisa foi realizada no Distrito de São José - PR indicou que os parâmetros para bactérias heterotróficas estão dentro do limite padrão em todas as amostras coletadas. Em comparação com essa pesquisa, os resultados assemelham-se, pois, apesar de os pontos **P₃** e **P₄** apresentarem os maiores valores de média aritmética, o número de UFC/mL é ainda extremamente menor que o permitido pela Portaria 2.914: 2011 do Ministério da Saúde.

Os valores encontrados para as unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas nos pontos **P₁**, **P₂** e **P₅** foram os menores. Os resultados encontrados nessa pesquisa estão em conformidade com os dados coletados das respectivas residências, pois, as distâncias entre os poços e as fossas são maiores que 15,0 metros como o recomendado pela NBR 7229. Isso indica que as águas dos poços estão de acordo com o padrão de potabilidade exigido pela Portaria 2.914: 2011, ainda que **P₃** e **P₄** apresentem maior número de bactérias relacionado com os demais pontos.

CONCLUSÃO

A presença de bactérias heterotróficas e o pH (potencial hidrogeniônico) da água próximo à neutralidade encontram-se nos padrões exigidos pela legislação atual. Entretanto, os parâmetros limnológicos de oxigênio dissolvido (OD) encontrados estão abaixo do valor mínimo permitido, devido à presença de microorganismos e a distância irregular entre os poços e as fossas. Por conseguinte, é relevante a Vigilância Sanitária, do município, realizar monitoramento contínuo desses parâmetros e informar aos consumidores da água de poços, sobre a importância de seguir os padrões exigidos para a distância entre os reservatórios hídricos e as fossas, de modo a evitar verminoses e diarreias, decorrentes do descuido e de informações incorretas acerca dos cuidados com este recurso.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. **Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.
- AGUIAR, S. C.; MORAES, J. M. **Comprometimento da relevância ambiental da água subterrânea na zona rural do município de Gado Bravo-PB**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 583-594, set./dez. 2015.
- BLANK, D. E.; VIEIRA, J. G. **Caracterização físico-química e microbiológica de água de poços rasos do Bairro Três Vendas, Pelotas-RS**. Revista Vetor, Rio Grande, v. 24, n. 1, p. 2-17, 2014.
- BRASIL. **Portaria n. 2914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, 12 dez. 2011.
- CARNEIRO, R. S. G. S.; DUARTE, J. F. S.; RAMOS, A. J. R. **Análise De Vulnerabilidade Erosiva no Município de Paragominas – PA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E EXPOSICARTA. 2017. 27. 26. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro – RJ, 2017. p. 1263 – 1266.
- COSTA, C. L; LIMA, R. R; PAIXÃO, G. C; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, jul./dez. 2012.
- FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual Prático de Análise de Água. 4 ed.. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 2013
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- IBGE. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2010. Cidades. Paragominas, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>>. Acesso em: 04 dez. 2018.
- IGINO, L. V. **Análise microbiológica e físico-química da água dos poços artesanais do bairro Água da Jacutinga, na cidade de Andirá-PR**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Química). Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011290343.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- MACEDO, T. L., REMPEL, C., MACIEL, M. J. Análise físico – química e microbiológica de água de poços artesanais em um município do Vale do Taquari – RS. **Revista TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, p. 58 – 65, jan./jun. 2018.
- MARTINS, H. D; NUNES, S. S; SALOMÃO, R. R; OLIVEIRA JÚNIOR, L. A; BATISTA, R. W; MARTINS, J. R; SOUZA JÚNIOR, C. M. **Mapeamento da cobertura do solo de Paragominas-PA com imagens de satélite de alta resolução: aplicações para o Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 16. 2013. Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu – PR, 2013.
- MONDINI, J.; SILVA, J. C.; LÚCIO, L. C. **Análise microbiológica da água do poço artesiano do Distrito de São José, PR**. In: EPCC-Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. 2011. Maringá – PR. **Anais...** Maringá – PA, 2011.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca do município de Nerópolis-Goiás**. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás-UFG.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesanais do município de Santa Clara do Sul**. 2010. 75f. Monografia (Curso de Química Industrial). Centro Universitário Univates. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/458/3/DiegoPaludo.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: FEEVALE. 2013.

REIS, C. G., ALVES, J. E. A., LISBOA, C. G. C., MARQUES, L. F. **Análise microbiológica e físico-química de águas em Instituições de Ensino do Distrito de Umã, salgueiro-PE**. 69ª Reunião Anual da SBPC, Belo Horizonte/MG, 16 a 22 de julho de 2017.

SANTOS, R. S., MOHR, T. **Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico – químicas em águas subterrâneas**. *Revista contexto & saúde*. Ijuí, v. 13, n. 24/25, p. 46-53, jul./dez. 2013.

ZAN, R. A.; COSTA, A. L.; COSTA, J. B.; MENEGUETTI, D. U. O. **Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizados no município de Buritis, Região de Vale Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1867-1875, set/dez. 2012.

ZERWES, C. M.; SECCHI, M. I.; CALDEIRAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J. F.; TOLDI, M.; OLIVEIRA, E. C.; SANTANA, E. R. R. **Análise da qualidade da água de poços artesanais do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS**. *Revista Ciência & Natura, Santa Maria*, v. 37, n. 4; p. 651-663, set/dez. 2015.

Lavinia Lima Pereira

Acadêmica de Ciências Naturais.
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Ciências Naturais
lavinialiampr@hotmail.com

Adriana Santos da Silveira

Acadêmica de Ciências Naturais
santosilveiradriana@gmail.com

Andreia Fernandes Gonçalves

Acadêmica de Ciências Naturais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Ciências Naturais
andreabiologia17@gmail.com

Jaqueline Prestes de Cristo

Acadêmica de Ciências Naturais.
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Ciências Naturais
jaquelineprestes6@gmail.com

Jéssica Inês Nunes da Silva

Acadêmica de Ciências Naturais.
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Ciências Naturais
inesjessical1@gmail.com

[176]

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 10 -

ANÁLISE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA E A INFLUÊNCIA DE
AÇÕES ANTRÓPICAS NO RIO URAIM

Ivna Souza Silva; Lucas Edward Nascimento Gomes; Maria Paula Bastos Castro;
Marília Palheta da Silva; Raquel Ribeiro Peniche; Wesley Pedreira Lima; Ronaldo Pimentel
Ribeiro.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-10

INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível presente na natureza, constitui parte importante de todas as matérias do ambiente natural ou antrópico e de extrema importância para o desenvolvimento dos ecossistemas, ela possui um valor econômico que reflete diretamente nas condições socioeconômicas das diversas populações mundiais. (BRANDT *et al.*, 2015).

Para o controle sobre a qualidade da água, no Brasil, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a Lei nº 9.433, em janeiro de 1997, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, este, por sua vez, alterou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Tudo isso, em função da carga poluidora advinda do crescimento populacional e da urbanização descontrolada e sem acompanhamento dos serviços essenciais como, por exemplo, o saneamento básico GASPAR; CONCEIÇÃO, 2017).

Ademais, as fontes geradoras da poluição dos recursos hídricos não serão encontradas olhando-se apenas para dentro da água. A bacia hidrográfica, como elemento de gerenciamento, deve incorporar todo o sistema rio-bacia hidrográfica com o intuito de integrar outros recursos ambientais e investigar a estrutura ambiental. Os diversos processos que influenciam na qualidade da água integram o frágil equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, por essa razão, qualquer mudança física química e climática modifica a propriedade da bacia hidrográfica (HARDT *et al.*, 2011).

Consequentemente, a poluição das águas é um conjunto de atividades humanas, sejam elas domésticas ou industriais, que alcançam os cursos superficiais e subterrâneas de formas diversas. Nesse contexto, tem-se observado a inevitabilidade de avaliar e monitorar as mudanças ambientais e os efeitos sobre os recursos hídricos, especialmente em relação à presença de metais pesados: Ferro (Fe); Mercúrio (Hg) e aos parâmetros físico-químicos. O monitoramento limnológico tem a finalidade de avaliar os ecossistemas fluviais e oferece aporte para uma análise integrada da sua qualidade (MIRANDA *et al.*, 2009).

De acordo com Glória *et al.*, (2017) “o acompanhamento da qualidade de um recurso hídrico, através de amostragem segundo sua característica, busca conseguir informações qualitativas e quantitativas, alcançando propósitos específicos, como o conhecimento das condições biológicas, químicas, físicas e ecológicas, e enquadramentos em classes ou para fiscalização.” Com o aumento populacional e o consumo cada vez maior de água, e consequentemente o crescimento da poluição e dos impactos ambientais surge a urgência de monitoramento e fiscalização da qualidade da água possibilitando a avaliação da oferta hídrica, auxiliando nas providências legais a serem tomadas pelos órgãos gestores colaborando para a otimização, preservação e recuperação dos corpos hídricos.

Dessa forma, o crescimento urbano quando não acompanhado de saneamento básico ideal provoca contaminação de corpos hídricos, logo, isso incrementa a relevância dessa pesquisa, que tem como objetivo analisar quantitativa e qualitativamente os parâmetros da qualidade da água do Rio Uraim e sugerir parâmetros que permitam uma elaboração de políticas públicas mais adequadas à qualidade da água no município de Paragominas – PA.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

A pesquisa foi realizada no município de Paragominas, nordeste do estado do Pará, com população estimada em 108,547 habitantes (IBGE, 2016). O clima local é do tipo quente e úmido, com temperatura anual média de 26 °C e umidade relativa do ar de 81%. A hidrografia é composta pelas bacias do rio Gurupi e Capim, mas apenas os rios Uraim e Paragominas, constituintes do micro bacia do Uraim, atravessam o perímetro urbano (GIULIATTI *et al.*, 2017).

ÁREA DE ESTUDO

O Rio Uraim é essencial para o desenvolvimento no município de Paragominas-Pará, uma vez que esse corpo hídrico é utilizado como manancial para o abastecimento público, as condições hidrológicas das correntes influenciam o comportamento e variação da concentração de nutrientes, riqueza e variedades de espécies do ecossistema aquático, bem como o lançamento de efluentes tratados nas estações (ABREU; CUNHA, 2015).

Sobre esse rio, sabe-se que a bacia hidrográfica tem uma área equivalente a 4,9 km² do Rio Uraim, com isso, ocupa 21,75% do perímetro total do município de Paragominas (19.342,254 km²) e dispõe de vinte e sete rios que deságuam em seu leito e provocam uma vazão média anual de 268.423,35 m³/h, no sentido nascente a jusante. Retêm 202 km de extensão pelo curso d'água e 131,5 km de amplitude em linha reta. O Rio Uraim banha a sede do município à noroeste e é caracterizado como quinta ordem na hierarquia fluvial pelo fato de ser tributário pela esquerda da malha hidrográfica do Gurupi (SANEPAR, 2018).

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O método aplicado foi o dedutivo, de acordo com o que foi sintetizado por Gerhardt e Silveira (2009), pois, tem-se duas premissas verdadeiras: (1) o índice de qualidade da água do Rio Uraim em área urbana; (2) a ação do processo antrópico na qualidade da água, que podem deduzir a uma conclusão, nesse caso o crescimento urbano sem o acompanhamento do saneamento básico adequado levará a contaminação de corpos hídricos, conseqüentemente, poderá ocasionar doenças pela ingestão de água contaminada com microrganismos patogênicos (Ex.: diarreias). Esse método foi associado ao levantamento de dados documentais com o recorte temporal de 2008 a 2018.

A pesquisa é de natureza qualitativa e quantitativa conforme foi escrito por Gil (2008), pois, pode-se utilizar quantidades para aferir qualidades; de caráter aplicativo, e protocolo exploratório, pois, gerou informações necessárias ao monitoramento e composição de leis municipais capazes de sanar o problema de contaminação dos corpos hídricos.

COLETA DE DADOS

Em relação à coleta de água foi realizada no dia 22 de novembro de 2018, no período seco às 06h 30min, na margem esquerda do Rio Uraim no lado esquerdo da ponte na PA 125 - km10, área urbana do município. Os cinco pontos de coleta foram determinados com aplicação do *Global Positioning System* (GPS), 440 m do ponto 1 ao 5 (Figura 1).

Figura1: Mapa geopolítico dos pontos de coleta. Paragominas – PA.

Fonte: Cruz, M. C. S (2018)

A escolha dos cinco pontos é justificável já que os pontos 1 e 2 foram coletados em área de maior fluxo urbano, sendo que, o Ponto 1 localiza-se próximo a ponte (Figura 2a), e havia também a presença de uma anilha de escape de efluentes domésticos advindos do bairro Juscelino Kubitschek, Paragominas- PA (Figura 2b).

Figura 2: ponto de coleta P₁; a) localização da ponte; b) anilha localizada próximo a ponte. Rio Uraim. Paragominas – PA.

Fonte: Cruz (2018)

Fonte: autores (2018)

AMOSTRAGEM DA ÁGUA

Para a coleta da água foi utilizado frascos de vidro (V=250mL) transparente com tampa em rosca. Logo após os frascos foram identificados e alocados em caixa de isopor contendo gelo para a conservação do conteúdo das amostras e evitar decomposição bacteriana. Em seguida, as amostras foram conduzidas ao laboratório de biologia da Universidade do Estado do Pará - *Campus VI*, para análise laboratorial com as vidrarias previamente esterilizadas em autoclave, conforme o preconizado no manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2015).

ANÁLISES LABORATORIAIS

FÍSICO-QUÍMICA

Nessa etapa laboratorial, foram empregados três protocolos: (1) *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Methods 9230 – B* (APHA, 1995); (2) Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10739,1989); (3) Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB,1987), para análise dos seguintes parâmetros limnimétricos: turbidez, com o uso do turbidímetro, marca Itest modelo DLT-WV, Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO) pelo método de, potencial Hidrogeniônico (pH). Ressalta-se que, o oxigênio dissolvido (OD) e temperatura, foram mensurados *in situ* com o uso do aparelho de multi parâmetros modelo Lutron-2015 da IES.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente com o uso do *software* BioEstat 5.3 (AYRES *et al.*, 2007). A estatística aplicada foi a descritiva e utilizou-se: (1) a média dos valores dos dados obtidos, para a indicação da potabilidade a partir da quantidade de microrganismos presentes nas amostras; (2) desvio padrão que possibilitou a observação entre a média e o desvio padrão; (3) coeficiente de variação que despreza a dimensionalidade e é independente da unidade de mensuração da variável (FURLANETO; AYRES, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos indicou que a qualidade da água do corpo hídrico objeto da pesquisa, encontra-se afetada devido ao lançamento de efluentes domésticos (Tabela 1)

Tabela 1 – Valores médios obtidos após a análise laboratorial e os contidos na Resolução 357/2005. Paragominas – PA.

PARÂMETROS	$\bar{x}$ (P1 a P5)	CONAMA 357/2005
DBO	4.0	≤ 3.0
pH	5.4	5.0 – 9.0
TURBIDEZ	1.6	100UNT
TEMPERATURA	27.8	$\leq 40^\circ$
OD	16%	60%

Fonte: autores (2018)

Após a análise dos dados laboratoriais, fez-se a confrontação com aqueles contidos na resolução 357/2005, e verificou-se que os valores médios para os parâmetros analisados apresentaram tendência a diminuição. A justificativa para tal alteração, está na presença de anilhas de efluentes domésticos existentes em P₁ (Figura 3).

Figura 3 - Ponto de Coleta 1 (P₁). Paragominas - PA

Anilha de
efluentes
domésticos

Fonte: autores (2018)

Os pontos P₂ (14,2%) e P₃ (14,5%) por estar a jusante do ponto 1, onde se encontra a anilha de despejo de esgoto, a taxa de oxigênio dissolvido (O_D), diminuiu em relação ao P₁ (15%).

Figura 3 - Ponto de coleta (P₂). Paragominas - PA

Fonte: autores (2018).

Em relação a P₄ (Figura 4a) e P₅ (Figura 4b), os valores médios de OD foram acima (P₄=18% e P₅=18%) em comparação aos demais pontos (P₁=15%, P₂=14,2%, P₃=14,5%) que se encontram localizados no interior do Parque Ambiental Adhemar Monteiro e, devido as raízes dos vegetais, as impurezas podem ter sido “filtradas” por elas, ou ainda, a vazão, já que no período seco, estava baixa, mas não permitiu concentrações elevadas dos efluentes, como também, o sombreamento das árvores

colaborou para diminuir a temperatura, com isso, a vaporização gasosa não ocorre e pode contribuir para a elevação do teor do gás oxigênio.

Figura 4 – Ponto de coleta (P₄ a) e (P₅ b). Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018)

Sobre os valores médios para OD, Pereira *et al.* (2011), realizaram pesquisa em uma Unidade de Conservação (UC) na cidade de São Paulo – SP em 2011, e obtiveram dados que indicaram a elevação desse valor em áreas conservadas. No município de Paragominas -PA, os dados indicaram que, na UC, os valores médios indicaram tendência a evolução, logo, evidenciou-se o início da regeneração do ecossistema, corroborando com a pesquisa realizada na UC em SP.

Mas também, pode-se inferir que as maiores alterações estão ligadas a ações antrópicas, pois, a área em estudo localiza-se no perímetro da zona urbana do município (Tabela 2).

Tabela 2. Dados coletados no Rio Uraim. Paragominas – PA.

	Elevação	DBO	DQO	PH	Turbidez	OD	T (°C)
P1	72m	4,4	8,8	5,3	2,13	15%	29 °C
P2	79m	4,4	8,8	5,0	0,88	14,2%	28°C
P3	84m	4,4	8,8	4,9	1,85	14,5%	28°C
P4	83m	4,4	8,8	5,0	1,63	18%	27°C
P5	82m	4,4	8,8	5,0	1,75	18%	27°C
	$\bar{X}$	4,0	8,0	5,4	1,6	16%	27,8°C

Fonte: autores (2018)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas do Rio Uraim, apresentam um quantitativo de contaminantes diversos que permitem afirmar que a qualidade da água está comprometida pelo processo de urbanização. Esse corpo hídrico serve como “manancial” para o município, logo, o consumo e uso da mesma em atividades gerais pode influenciar diretamente a saúde dos munícipes.

Dessa forma, há necessidade de monitoramento da área com maior frequência, pois, indivíduos que vivem em condições precárias de saneamento básico, de abastecimento de água, de habitação e da falta de hábitos de higiene pessoal e coletiva, são os mais propensos à aquisição de doenças causadas por águas contaminadas, além de incentivar a realização de campanhas e de projetos de preservação ambiental.

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 11 -

REFERÊNCIAS

ABREU. C, H, M.; CUNHA. A, C. **Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP**: Revisão descritiva.

AGÊNCIA DE SANEAMENTO DE PARAGOMINAS. **SANEPAR**. Bacia do Uraim. 2014. Disponível em: http://saneparagominas.com.br/agua/bacia_uraim. Acesso em: 30 nov, 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **APHA**; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION **AWWA**; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - **WEF**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, 1999, p. 1496.

ANDRADE.E.C *et al.* Parasitoses intestinais: uma revisão sobre seus aspectos sociais, Epidemiológicos, clínicos e terapêuticos. **Rev. APS**, Juiz de Fora, v. 13, n. 2, p. 231-240, abr./jun 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10739**: determinação de oxigênio consumido: método do permanganato de potássio. Rio de Janeiro, 1989.

AYRES, M *et al.* **BioEstat 5.3**: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Biomédicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

BRANDT, C. R.; KULHN, D.; KUFFEL, F. J.M.; HOEHNE, L.; SCHEIBEL, M. Caracterização Físico-química da Água Potável de Diferentes Prédios do Centro Universitário UNIVATES, **Destaques Acadêmicos**, Lajeado- RS, vol. 7, n. 4, 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **CETESB**. Guia de coleta e preservação de amostras de água, São Paulo, 1987.

CONCEIÇÃO. G. M.; GASPAR. J. C. Parâmetros e indicadores da qualidade da água no riacho do Ouro, Caxias, maranhão, **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 14, n. 25, p. 1375, 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA** n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providencias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 53,18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.

DI LUZIO, M.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. **ArcView interface for SWAT2000**: user's guide. Texas Water Resources Institute Report TR-193. Temple, 2002.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D, T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL. A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GIULIATTI. N.; RODRIGUES, A.; BRITO, V.; SILVA, I.; & PEREIRA JÚNIOR, A. Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio no Rio Uraim e o Processo de Urbanização no Município de Paragominas-PA. **15º simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 15º Encontro Nacional de**

Estudantes de Engenharia Ambiental e 3º Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade, p.1-11, 2017.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-IQA. **Revista Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 103-119, 2017. ISSN 1983-0882.

HARDT, E. *et al.* Avaliação da Qualidade da Água em Micro bacias Hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371-381, jul./set. 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. **1 mapa interativo, color**. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default.html>. Acesso em: 30 nov, 2017.

MIRANDA, R. G *et al.* Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Rev. Ambi-Água**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

PEREIRA, A. A.; OCAZONEZ, S. A. C.; TOMAZ, C. Avaliação da qualidade da água: proposta para novo índice alicerçado na lógica fuzzy. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 667-677, 2012.

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; PIRES, J. S. R.; HARDT, E.; SANTOS, J. E.; FERREIRA, W. A. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371-381, 2011.

SILVA JÚNIOR, L. G. **Ação antrópica no entorno das nascentes e os impactos sobre a saúde humana: o caso do município de Belo Jardim-PE, Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente), Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão- PE, 2011.

Ivna Silva Souza

Graduando do curso de Licenciatura em Ciências Naturais- Biologia.
Universidade do Estado do Pará *Campus VI*,
Departamento de Ciências Naturais.

ivnacogo@hotmail.com

Lucas Edward Nascimento Gomes

Graduando do curso de Licenciatura em Ciências Naturais- Biologia.
Universidade do Estado do Pará *Campus VI*,
Departamento de Ciências Naturais.
gomeslucas0804@gmail.com

Maria Paula Bastos Castro

Graduando do curso de Licenciatura em Ciências Naturais- Biologia
Universidade do Estado do Pará *Campus VI*,
Departamento de Ciências Naturais
paulabcastro14@gmail.com

Marília Palheta da Silva

Universidade do Estado do Pará *Campus VI*,
Departamento de Ciências Naturais.
marilia_palheta@hotmail.com

Ronaldo Pimentel Ribeiro
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Ciências Naturais.
ronaldouepa@gmail.com

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 11 -

AVALIAÇÃO QUANTIQUALITATIVA DA AÇÃO ANTRÓPICA EM UM
TRECHO DO RIO PRAINHA – PA

Ana Beatriz Matos Rodrigues; Raissa Jennifer da Silva de Sá; Antonio Gabriel Sales de Souza;
Jaqueline Gomes da Silva.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-11

INTRODUÇÃO

Historicamente, a paisagem natural do município de Paragominas, passou por grandes transformações em virtude da dinâmica econômica que em conjunto com as interferências antrópicas, contribui para acentuar a degradação ambiental. Além da urbanização acelerada do município que ocasionou um crescimento social desordenado e consequências ambientais relevantes, uma dessas consequências é a deterioração de corpos hídricos (SANTOS *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a interferência das ações antrópicas pode acarretar impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico. Do ponto de vista ambiental devem ser consideradas as alterações urbanas, decorrentes de erosões, assoreamentos e mudança de habitats com impactos na dinâmica das comunidades biológicas. Quanto ao fator econômico, destacam-se as perdas de edificações e estruturas localizadas a margens de corpos hídricos, acarretados por processos erosivos, assoreamentos, bem como alterações na qualidade da água (PINTO *et al.*, 2013).

Em relação a ocupação das cidades caracteriza-se por um processo de desordenamento, sem regras de ocupação, principalmente no que se refere ao meio ambiente, é neste cenário que é perceptível a ausência de precauções que visem proteger o ambiente natural, dentre as consequências destaca-se o impacto seriamente ao ciclo hidrológico, pois se altera a drenagem deste corpo hídrico, além de possibilitar deslizamentos, enchentes, estabelecendo possível consequência para a saúde e à vida do homem (MARTINI; BIONDI, 2015).

Devido ao aumento da necessidade de construções de unidades arquitetônicas, o setor da construção civil, na década de 70, começou a preocupar-se com as questões ambientais e reforçou a atenção após lançamento da NBR ISO 14001/2004, Sistema de Gestão Ambiental, na década de 90 (RIGON, 2013). Vale ressaltar que a crescente urbanização ocasiona acúmulo de resíduos provenientes de atividades arquitetônicas, bem como, a disposição incorreta de resíduos domiciliares.

Além do mais, o despejo irregular dos Resíduos da Construção Civil - RCC e Resíduos de Construção Civil e Demolição – RCD entulhos de obras, calça ou metralha, estão preconizados na Política Nacional de Resíduos Sólidos e com a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 307/2002, no qual são todos aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, que causa prejuízo e danos à sociedade como um todo, tais como o comprometimento da paisagem urbana. (KARPINSK *et al.*, 2009).

Decerto, analisar impactos ambientais em áreas urbanas torna-se fundamental para o planejamento, desenvolvimento e ordenamento das cidades, a fim de proporcionar à sociedade um modelo de apropriação do espaço geográfico através da utilização principalmente de seus recursos naturais (SILVA, 2016).

Diante disso, o conceito de impacto ambiental, interliga-se à Avaliação de Impactos Ambientais - AIA, regida pela Lei n. 6.398:1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, e regulamentada pelo CONAMA (BRASIL, 1981). Por meio desse conceito, é possível estimar o que é ou não considerado como dano ao meio ambiente (SANTOS, 2013). Ademais, essa denominação engloba qualquer adulteração proveniente de atividades antrópicas relacionadas à fatores bióticos, abióticos, sociais e culturais do ambiente (BATAGHIN; BARROS; PIRES, 2010).

Entretanto, a Constituição Federal artigo 225, inciso III, parágrafo 1º, define “áreas de Preservação Permanente (APP), como espaços territoriais especialmente protegidos”. Já o novo

Código Florestal, Lei n.12.651:2012, traz um detalhamento preciso das áreas de preservação permanentes (APP's), além de definir outros espaços de uso limitado, como previsto nos artigos, 2º e 3º do Código Florestal, relaciona tais áreas, independente da cobertura vegetal, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1988).

Ademais, a gestão adequada desses recursos é indispensável para que a legislação ambiental seja obedecida e que não ocorra danos ao meio ambiente. No entanto, quando há despejo de resíduos e/ou efluentes em corpos d'água, os ecossistemas aquáticos são prejudicados, o que ocorre com rios que recebem cargas poluidoras ao se aproximarem do perímetro urbano (SHARMA; KANSAL, 2010). Ou seja, é indispensável que a sociedade possua uma percepção ambiental, capaz de auxiliar na conservação e manutenção das áreas protegidas.

No que tange à percepção ambiental, tal fator está relacionada com a presença de filtros culturais que interferem diretamente na forma de pensar, sentir e agir (CABRAL, 2013). Isto é, entende-se como a maneira que as pessoas percebem e avaliam os ambientes, em que duas pessoas não veem a mesma realidade (TUAN, 2012). Diante do exposto, tornou-se imprescindível avaliar de que forma a urbanização presente em um trecho do Rio Prainha, Paragominas - PA, influenciou no desequilíbrio do ecossistema, bem como a deterioração do corpo hídrico.

Em suma, como a urbanização acelerada e o crescimento social desordenado no município de Paragominas, desencadeou impactos nos meios físicos, bióticos e socioeconômicos no trecho de um corpo hídrico? Tal questionamento justifica o presente artigo, pelo o qual o mesmo interliga as causas e os danos da ação antrópica sob um ecossistema local. Assim, a relevância dessa pesquisa está em promover o conhecimento sobre a ocorrência desses impactos e a sensibilização ambiental na população. Logo, o objetivo da pesquisa é avaliar quantitativamente as ações antrópicas sob um ecossistema localizado em um trecho do Rio Prainha – PA.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O Município de Paragominas está localizado a sudeste do Estado do Pará (Figura 1), possui 1.932.000 com as seguintes coordenadas geográficas: 03°00'00" S e 47°21'30" W, com altitude média de 89 m. O clima é classificado como Aw, ou seja, clima tropical com estação seca de inverno com médias anuais de precipitação, umidade relativa e temperatura do ar de 81% e 26,3°C, respectivamente, verificando-se no período de julho a novembro baixa disponibilidade hídrica. Os solos em que predomina a agricultura pertencem ao grande grupo Latossolo Amarelo, com alto teor de argila (acima de 70%). Normalmente, os solos são de baixa fertilidade natural, porém com boas características físicas (ALVES; CARVALHO; SILVA, 2014).

Figura 15 – Mapa político e geográfico da área analisada e do município de Paragominas – PA.

Fonte: Ferreira (2018)

A vegetação originária do município era representada pela Floresta Densa da sub-região dos Altos Platôs do Pará-Maranhão, pela Floresta Densa de Planície Aluvial e dos Ferraços, entretanto, os constantes desmatamentos, provocados pelo avanço da agropecuária na região. Já na hidrografia, existem vários rios importantes no Município, na porção sudeste-nordeste está o rio Gurupi, que separa o Pará do Maranhão. Na qual, sua margem esquerda, aparecem vários afluentes que se localizam no município e um deles é o Rio Uraim, sendo o Rio Paragominas seu afluente (FAPESPA, 2016).

MÉTODO

O método aplicado foi dedutivo, em anuência do que foi descrito por Prodanov e Freitas (2013). De acordo com esses autores, esse método parte do geral para o específico. A partir de leis ou teorias consideradas verdadeiras e indiscutíveis, prediz a ocorrência de casos particulares com base lógica, nesse caso, a influência da urbanização, ou seja, do crescimento populacional ocasiona desequilíbrio no Ecossistema. Parte-se de fatos particulados, como a ausência da efetivação das leis vigentes para Área de preservação Permanentes.

Quanto à natureza, utilizou-se o que foi explanado por Sakamoto e Silveira (2014). De acordo com essas autoras, a pesquisa é aplicada, quando gera informações que podem ser utilizadas para melhorar e mitigar os impactos ambientais existentes. Utilizou-se também a abrangência quantitativa e qualitativa, pois, para Matos-Pereira (2016), os dados gerados durante a pesquisa serão expressos em números que permitirão qualificar o ambiente onde ela ocorreu.

Em relação a obtenção de dados quantitativos, eles foram obtidos a partir das mensurações dos seguintes parâmetros ambientais: posicionamento planialtimétrico, velocidade do vento e temperatura do ar, luminosidade e o ruído, além do levantamento em *sites* de livre acesso como a coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (capes) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), com recorte temporal situado entre 2009 e 2018, para que as informações e discussões fossem as mais atuais já publicadas.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Paragominas, mesorregião do estado do Pará e foi delimitado uma área de 108,16 metros na zona urbana posicionada à margem direita, rua Bujaru, bairro Promissão, Loteamento II, com subsistema viário do tipo arterial, ou seja, de fluxo duplo

Figura 2 - Vista superior da área de estudo. Paragominas – PA.

Fonte: Google Earth (2018)

DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA E COLETA DE DADOS

A delimitação da área sucedeu-se após a construção de um quadrante que iniciasse no sentido horário (**P₁** a **P₄**) com pontos referenciais onde a distância entre esses pontos eram de 10,40 metros (Quadro 1) Vale erressaltar que a altitude dds quatro pontos foram similares (80 m)

Quadro 1 - Coordenadas geográficas dos quatro pontos do quadrante. Paragominas – PA.

Pontos	Latitude	Longitude
P ₁	238,475,303,323	967,061,170,867
P ₂	23,848,457,228	967,061,142,115
P ₃	238,475,303,979	967,061,140,137
P ₄	23,847,531,644	967,060,556,275

Fonte: autores (2018).

Justifica-se a delimitação em face do número de discentes que compoem a turma, por isso, houve necessidade de dividi-las em sete grupos. Nesse contexto, cada grupo tinha um espaço de 108,16 m², onde mensuraram os parâmetros ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, liminosidade e ruído), para avaliar as influências antrópicas sob o meio. A coleta de dados *in situ* (G₄) ocorreu após a delimitação da área (**P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄**) onde em cada lado do quadrante haviam três secções com 3,46 metros de distância, ao final tinham 12 subpontos que foram mensurados as quatro variáveis (Figura 3).

Figura 3 - Pontos geográficos e as doze secções no quadrante. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Além das mensurações feitas no referido quadrante, foram realizadas medições no corpo hídrico, como o comprimento, profundidade, declividade e vazão. As aferições relacionadas à a velocidade do vento, temperatura do ar, liminidade e ruído foram realizadas na calha central do rio (**P₁**, **P₂** e **P₃**) e em três pontos na margem esquerda do curso do rio (**P'₁**, **P'₂** e **P'₃**) tomando como referência os limites do quadrante (**P₁** a **P₄**), levando-se em consideração a declividade do terreno (Figura 4).

Figura 4 – Vista superior dos pontos de coleta no rio Prainha. Paragominas – PA

Fonte: autores (2018).

Os materiais operados manualmente foram, um vasilhame de plástico com tampa de rosca com volume de 20 litros para medir a vazão do rio (Figura 5a); dois diastímetros de 20 e 30 metros em fita de poliestireno (Figura 5b); uma proveta volumétrica plástica de 1000 ml (Figura 5c); uma biruta de 2 metros de altura (figura 5c).

Figura 5 - Materiais para coleta de dados no Rio Prainha. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Os dados quantitativos dos parâmetros ambientais acerca da área de estudo, também foram obtidos com o uso de equipamentos (Figura 6) cedidos pelo Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA) co *Campus VI* – Paragominas – PA (Tabela 1).

Figura 6 - Equipamentos utilizados para verificação das variáveis: pontos geográficos, velocidade do vento e temperatura do ar, incidência solar, ruído. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Tabela 1 – Equipamentos eletroeletrônicos digitais utilizados para mensuração dos parâmetros ambientais da área pesquisada. Paragominas – PA.

Figuras	Descrição	Variável	Modelo	Marca
6a	GPS	Posicionamento Planialtimétrico	ETREX	Garmin
6b	Anemômetro	Velocidade do vento e Temperatura do ar	ITAN 700	Instrutemp
6c	Luxímetro digital	Incidência solar	ITLD260	Instrutemp
6d	Decibélímetro	Ruído	ITDEC 3000	

Fonte: autores (2018)

Para a coleta de dados do corpo hídrico presente na área da pesquisa, foi necessário adentrar no corpo hídrico para a mensurações da extensão da área de estudo, profundidade do rio, declividade e vazão.

Figura 7 – a) extensão da área de estudo; b) profundidade do rio; c) declividade; d) vazão. Paragominas – PA

Fonte: autores (2018)

Em relação as árvores independentes e bifurcadas presentes e adjacentes ao quadrante, foi mensurado a Circunferência na Área do Peito – CAP (Figura 7a) para posteriormente constatar o Diâmetro a altura do peito – DAP (Figura 7b). No caso das árvores independentes no plano, aos 1,30 metros do solo, aferiu-se a CAP, quanto às árvores bifurcadas foi empregado o Ponto de Medida: DAP – PMD (Figura 7c), onde mediu-se 50 centímetros do solo até a bifurcação, em seguida estabelecia o PMD, aos 25 centímetros registrava-se a CAP (Figura 7c).

Figura 7 – a) mensuração da circunferência da área do peito; b) diâmetro da altura do peito; c) ponto de média. Paragominas – PA.

Fonte: autor (2018).

Para determinar o DAP, empregou-se a Equação 1 (RIBEIRO, 2011).

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

Onde: DAP: Diâmetro a Altura do Peito; CAP: Circunferência na Área do Peito; π : Proporção numérica cujo valor é aproximadamente 3,14.

Após o limite do quadrante haviam outras espécies de vegetais, tais como *Palmáceas*, *Rutáceas* e *Musaceae*, incluídas em uma área de 707,56 metros, onde a distancia do limite do quadrante até o limite dessa área equivale à 26,60 metros. Para obter os dados das variáveis nas 12 seções, os dias das visitas à área estudada prolongaram-se por 3 dias consecutivos, em que o período de recolhimento dos dados esteve entre o horário das 14 horas às 18 horas, porém no primeiro dia as coletas iniciaram às 15 horas e 16 minutos, sendo que o quarto dia foi aplicado os formulários (Quadro 2).

Quadro 2 - Atividades desenvolvidas para cada dia de visita à area da pesquisa. Paragominas – PA.

Dia	Datas	Horários		Atividades desenvolvidas
		Início	Fim	
1°	19/03/2018	15h16	18h00	Delimitou-se a área de estudo (108,16 m²) e as coordenadas geográficas nos pontos P₁ , P₂ , P₃ e P₄ .
2°	20/03/2018	14h05	17h45	Aferiu-se a Vazão, velocidade direção e sentido do vento na calha central do rio, bem como, a temperatura do ar e o ruído. E no quadrante mensurou-se o ruído e o DAP.
3°	21/03/2018	14h21	17h01	Mensuração da incidência solar na calha central do rio, a velocidade direção e sentido do vento e temperatura do ar no quadrante. A declividade do terreno (quadrante) até a margem do rio.

Legenda: DAP – Diâmetro a altura do peito.

Fonte: autores (2018).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel 2013, no qual empregou-se a estatística por meio da média Aritmética (M), frequência absoluta (*fi*), frequência relativa (*fr%*), Correlação de Pearson (R), Coeficiente de determinação (R²) e a Equação da reta. A média foi obtida a partir dos valores das variáveis (velocidade do vento, temperatura do ar, luminosidade e ruído) em cada secção.

O valor de (*r*) representou a interrelação entre duas ou mais variáveis com o intuito de verificar o quanto que elas estão positivamente (diretamente) ou negativamente (inversamente) correlacionadas, ou seja, a correlação de Pearson será essencial para avaliar a correlação entre os parâmetros ambientais e posteriormente justificá-los, no qual. Já o valor de (R²), foi essencial para verificação do ajusta aos dados, no qual a linha de tendência servirá para refletir o comportamento dessas variáveis em um curto período de tempo. A Equação da Reta, por sua vez, representa a linearidade por meio da inclinação da reta formada pelos diferentes valores das variáveis de referência em relação a respectiva tendência e quanto menos inclinada a reta, melhor será a qualidade do sistema de medição (BITTENCOURT, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MEIO FÍSICO

Quanto ao despejo de Resíduos Sólidos Domésticos - RSD e Resíduos de Construção Civil e Demolição - RCD, observou-se que a área delimitada sofre reflexos de ações antrópicas que poderão ocasionar prejuízos no âmbito ambiental e a sociedade como o todo, o que compromete a paisagem urbana e propicia a atração de resíduos inertes além de, possibilitar a multiplicação de vetores de doença. Observa-se o despejo desses resíduos a partir das imagens capturadas na área analisada (Figura 8).

Figura 8 - RSD e RCD presentes na área analisada. a) resíduos despejados irregularmente; b). moradoras despejando resíduos domésticos. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

No que tange aos RCD despejado na área, estudo efetuado em São Leopoldo - RS, por Rigon (2013), concluiu que esses resíduos são na maioria de origem mineral, porém eles contêm uma fração importantes de outros materiais como plásticos, papel, madeira, materiais betuminosos, inclusive resíduos perigosos que oferecem risco de contaminação ambiental.

Embora os resíduos advindos de construções civis estejam definidos pela NBR 10004/2004 (ABNT, 2004), como resíduo inerte, existem alguns que causam alterações no ecossistema e consequentemente também atingem a população, como é o caso de concretos produzidos com cimento e adição de escória com alto teor de metais pesados e resíduos derivados de serviços de pintura, madeira pintada e cobertura de amianto. Os resíduos sólidos domésticos após serem alocados pelos moradores nessa área, são submetidos à um processo de combustão, o que propulsiona a liberação de gases tóxicos a partir da queima, por exemplo, do plástico, o que afeta a saúde humana e implicaria na poluição do ar.

Quanto ao lançamento de esgoto sanitário e efluentes, foi constatado que eles são carreados para o corpo hídrico, por meio de uma calha impulsionada pela água pluvial (Figura 9).

Figura 9 - Fluxo do esgoto sanitário carreado do sentido Leste/Oeste para o corpo hídrico. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Estudo efetuado na Índia, por Sharma e Kansal (2010), ressaltam que esse despejo contribui para alterar a qualidade físico-química e microbiológica do corpo hídrico, tendo em vista, que o elevado índice de urbanização aumenta a área impermeável da cidade, o que intensifica a lixiviação de matéria orgânica em direção ao curso d'água.

No entanto, de acordo com o novo Código Florestal a biodiversidade dos recursos hídricos possui um dispositivo que concede sua proteção, bem como a vegetação nativa. No inciso IX, ressaltase que o uso do recurso hídrico será concedido para atividades que necessitam capturar e conduzir água e de efluentes, desde que essa atividade seja sustentável e pautada nas normas do CONAMA. Por outro lado, a Constituição Federal preconiza em seu artigo 225, inciso VII, a proteção da fauna e flora vedadas, na forma de lei, as práticas que coloquem em risco a função ecológica e provoquem a extinção de espécies ou submetem os animais à crueldade.

MEIO BIÓTICO

VEGETAÇÃO

Quanto à vegetação, observou-se que não havia diversificação da flora no quadrante devido à área analisada distanciar-se à 7,80 metros de construções arquitetônicas, ou seja, a proximidade com o meio urbano. No quadrante foram detectadas sete árvores de espécies lenhosas, já as árvores adjacentes, verificou-se apenas três (B1, B2 e B3), além de um pequeno aglomerado de Musas (M), da família *Musaceae*, popularmente conhecida como bananeiras e *palmáceas* (P) (Figura 10).

Figura 10 - Espécies contidas no quadrante e as adjacentes.

Fonte: autores (2018).

A partir de técnicas dendrométricas foram calculados o Diâmetro da altura do peito (DAP), apenas para árvores lenhosas contidas no quadrante e para aquelas adjacentes (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores do DAP para as árvores lenhosas. Paragominas – PA.

Árvores lenhosas	DAP (cm)
A1	21,64 cm
A2	22,66 cm
A3	20,04 cm
A4	8,25 cm
A5	12,99 cm
A6	21,67 cm
A7	20,57 cm
B1	23,23 cm
B2	8,86 cm
B3	9,96 cm

Fonte: autores (2018).

Tendo em vista a importância desse levantamento de dados para análises futuras, estudo efetuado por Costa et al., (2017), destaca que a técnica da Dendrometria como um ramo das ciências florestais empregada para estimar ou determinar quantitativamente os recursos florestais de uma área, além de que essa técnica é realizada com ferramentas manuais que permitem obter dimensões que contribuem para avaliar a produção e melhor utilização de um povoamento florestal.

Quanto à presença de briófitas no quadrante, é possível reverter o quadro de supressão vegetal e desequilíbrio ecológico na área. No entanto, estudo realizado em Belo Horizonte - MG, por Silva, Kamino e Porto (2013), asseguram que as briófitas são indicadoras de qualidade ambiental. Os autores Shaw e Goffinet (2009) complementam que essas espécies possuem a capacidade de tolerar condições ambientais extremas, aliada à dispersão a longa distância, permite que elas tenham uma distribuição em todas as Latitudes do globo, além de colonizarem grande diversidade de substratos como rochas solos, folhas, troncos vivos ou mortos.

Em relação à superfície do caule das árvores, essas apresentaram sinais de injúrias e agressões mecânicas. Por outro lado, a presença de líquens no troco de cinco (71,42%) das sete árvores lenhosas contidas no quadrante, indicam menor índice de poluição do ar. Pesquisa desenvolvida por Santos (2016), evidenciam a importância dos líquens como organismos acumuladores de elementos químicos do ambiente por serem sensíveis à poluição e pouco sensíveis aos efeitos tóxicos dos elementos. Então, grandes quantidades de líquens nas árvores revelam menor índice de poluição do ar, enquanto seu desaparecimento sugere agravamento da poluição ambiental.

CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Os dados obtidos sobre os parâmetros ambientais: temperatura, luminosidade, velocidade do vento e ruído, foram mensurados em cada um dos trechos entre **P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄**, com a distância de 10 metros e 40 centímetros entre eles. Além disso, entre os pontos foram mensurados cada parâmetro com uma distância de três metros e 46 centímetros, ou seja, obtidos em três pontos diferentes o valor de cada um dos parâmetros supracitados para uma melhor avaliação dos efeitos gerados no local.

No trecho **P₁-P₂**, assim como o trecho anterior, foram analisados os parâmetros ambientais: velocidade do vento e temperatura (Figura 10a); b) ruído e temperatura (Figura 10b) e c) ruído e velocidade do vento (Figura 10c).

Figura 10 - Valores médios dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₁-P₂** para: a) velocidade do vento e temperatura; b) ruído e temperatura; c) ruído e velocidade do vento. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados indicou que a interação entre velocidade do vento e temperatura ocorreu em maior significância ($r = 0,92$), o que indica que há uma influência direta inversamente proporcional, ou seja, quando a velocidade do vento aumenta a temperatura tende a diminuir e vice versa, entretanto, não significa que um parâmetro não possa agir sem a influência do outro. Tal comportamento pode ser explicado pela presença de edificações e pela vegetação que servem de barreira para a dispersão do vento.

Neste contexto, efetuado um estudo no município de Brasília – DF, por Romero (2011) cuja a percepção foi que com a ocupação do solo caracterizada por ações humanas para a construção de edifícios, com área aberta pavimentada e, conseqüentemente, impermeável, contribui para uma elevada sensação térmica, diminuindo o conforto térmico local. Com isso, ocorre a formação da chamada ilhas de calor e quanto maior a densidade de construções civis e ocupação intensa e desordenada do solo, menor a dispersão do vento no meio urbano, corroborando com esse estudo entre o trecho **P₁-P₂**.

Ademais, na correlação de interação de Pearson entre os parâmetros ruído e temperatura ($r = 0,65$), são grandezas indiretas, inversamente proporcional com grau moderado, ou seja, quando uma aumentou a outra diminuiu, vice-versa. Além disso, esses parâmetros sofrerem influência de ações antrópicas, o ruído analisado foi de origem do som dos motores dos carros e das motos que passam pela rua de via dupla.

Para mais, no estudo analisado por Pinto *et al.*, (2013) no bairro de Lagoa Nova na cidade de Natal-RN, verificou-se que o ruído gerado pelo trânsito é o mais comum e vem se tornando, com o crescente desenvolvimento urbano, o maior problema para o conforto acústico urbano. É o parâmetro ambiental que constitui uma das principais fontes de poluição ambiental, sonora, que juntamente com o aumento da pavimentação asfáltica e presença de edifícios, torna o local menos arborizado que, paralelamente a isso, faz com que ocorra um aumento da temperatura.

Na análise dos parâmetros ruído com velocidade do vento, a correlação de Pearson ($r = 0,30$) é fraca, com dependência direta entre eles, ou seja, o vento dispersa o ruído pelo meio ambiente, mas isso não significa que um não pode agir sem a influência do outro, a presença da vegetação e de edificações serviram como barreiras para a intensidade do ruído e velocidade do vento. Nesse contexto, segundo Pessoa (2014), no estudo de caso da Ilha Grande dos Marinheiros em Porto Alegre - RS, concluiu que o processo desordenado e rápido da urbanização, tornou os ecossistemas existentes no local e vulnerável a níveis diferentes de ruído que depende do fluxo de veículos, contribuindo para a poluição sonora, gerando um desconforto, não somente para a população, mas também para a fauna e a flora.

De acordo com Monteiro (2012) em estudos efetuados no centro urbano da cidade de Braga em Portugal, sobre a correlação do ruído e da velocidade do vento, mostrou que às condições atmosféricas influenciam na propagação do ruído na medida em que, o vento e a temperatura são os fatores de maior preponderância. Portanto, o parâmetro vento, faz aumentar o ruído na sua direção e, em contrapartida, diminuir na direção contrária, e a vegetação serve como barreira para a livre circulação do vento, diminuindo sua velocidade ao formar turbilhões.

No trecho **P₂-P₃**, assim como o trecho anterior, foram analisados os parâmetros ambientais: ruído e temperatura (Figura 11a); velocidade e temperatura (Figura 11b) e ruído com velocidade do vento (Figura 11c), apresentando linha de tendência e a correlação de Pearson (valor de r), se é fraca, moderada ou forte.

Figura 11 - Valores médios dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₂-P₃** para: a) ruído e temperatura; b) velocidade do vento e temperatura; c) ruído e velocidade do vento. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Quanto aos parâmetros ruído e temperatura, são inversamente proporcionais e apresentam uma correlação de Pearson ($r = 0,28$) com grau fraco, consequentemente, um não influencia tanto no comportamento do outro. Além disso, isso se explica pelo fato desse trecho encontra-se ao lado do rio Paragominas e apresentar sombreamento pela presença de flora, diminuindo assim, apesar de ser perto da via asfaltada, a sensação térmica e a dispersão do ruído. Nesse contexto, estudo efetuado por Rocha e Filho (2010) no município de Viçosa - MG, onde verificou-se que a vegetação age como purificadora do ar por meio de fixação de materiais resíduos e/ou poeira que regula a umidade e a temperatura do ar e reduz os níveis de ruído, que serve como amortecedor de barulhos que são gerados nas cidades.

Na análise dos parâmetros velocidade do vento com a temperatura, a correlação de Pearson foi de grau moderado ($r = 0,67$), observou-se que são diretamente proporcionais, ou seja, um influenciou na ação do outro. Além disto, ressalta-se influência que a vegetação exerceu na manutenção da qualidade ambiental nesse trecho, atuando como regulador do microclima e amenizando os efeitos das ilhas de calor. Para justificar essa interação, um estudo analisado sobre a variabilidade da temperatura do ar e da umidade relativa por Alvez e Biudes (2012) no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso, comprovou que a vegetação pode contribuir para o controle da radiação solar, atuando sobre a umidade do ar e temperatura, com isso, influenciando na ação dos ventos e da chuva, além de ser agente purificador do ar.

Nesse contexto, mediante os dados analisados, percebe-se que não ocorreu um significativo aumento da temperatura (30,9°C para 31,1 °C), porém foi significativo o aumento da velocidade do vento, saindo de 0,4 m/s para 1m/s. Diante disso, no estudo efetuado por Gomes e Lamberts (2009),

em Montes Claros –MG, conclui que quanto mais próximos a massa de áreas edificadas, maiores serão os obstáculos para a penetração do vento e quanto maiores forem esses edifícios maior o efeito de turbilhonamento do vento, se houver porosidade melhor será a ventilação no local, nas partes mais altas a velocidade do vento se torna mais significativa e mais elevada as trocas térmica com o meio ambiente atmosférico, consequentemente, menor a sensação térmica.

O comportamento do ruído com a velocidade do vento, apresentou-se uma correlação de Pearson ($r = 0,90$) de grandeza forte, com correlação linear negativa, inversamente proporcional, um influenciou na ação do outro, porém isso não significa que não podem agir de modo independente. Com isso, conclui-se que o ruído era mais intenso quando não sofria ação de uma velocidade significativa do vento, se concentrando no local no qual foi produzido, sem sofrer processo de dispersão. Além disso, para Melo *et al.*, (2010) em seu estudo realizado na cidade de João Pessoa, notou que dentre as variadas fontes que podem gerar ruído, os automóveis são os que mais contribuem, assim, o mais preocupante é que esse problema de poluição sonora se agrava à medida que a população cresce e tende a buscar uma melhor qualidade de vida no que diz respeito das questões individuais e de bens materiais, fazendo com que o número de veículos seja cada vez mais crescente.

No trecho **P3-P4**, foram correlacionados os parâmetros ambientais: velocidade e temperatura (Figura 12a); ruído e temperatura (Figura 12b) e ruído e velocidade do vento (Figura 12c), com direção de relação negativa entre as relações observadas.

Figura 12 - Valores médios dos parâmetros ambiental entre o trecho **P3-P4** para: a) velocidade do vento e temperatura; b) ruído e temperatura; c) ruído e velocidade do vento. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados indicou que a interação entre temperatura e velocidade do vento ($r = 0,5$) há uma grandeza diretamente proporcional de grau fraco, devido à vegetação e a casa do lado aos pontos das coletas, a relação entre os fatores temperatura e velocidade do vento é negativa, pois a medida em que a velocidade do vento aumenta a temperatura diminui.

Com isso, analisando a sensação térmica na cidade de Vitória - ES, segundo Fialho e Alvarez (2017) baseando-se apenas em fatores climáticos, as cidades litorâneas, sujeitas a ventos de grande intensidade que aumentam as trocas térmicas por convecção, são menos sujeitas à influência da forma urbana sobre a temperatura do ar, o que não acontece em cidades tropicais continentais, sob condições de céu claro e calmaria. Com o aumento da velocidade do vento diminui a tendência de a temperatura na zona urbana ser superior ao derredor.

Ademais, na interação entre ruído e temperatura ($r = 0,75$) há uma grandeza diretamente proporcional de grau forte, este exibe a correlação entre o ruído e velocidade do vento, todavia Magnoli e Torres, (2018) o ruído excessivo compromete a qualidade de vida do indivíduo exposto,

já que pode ser prejudicial ao bem-estar físico, emocional, mental e social, podendo ocorrer reações no organismo, o ruído de trânsito se destaca como fonte de poluição sonora nos centros urbanos, sendo os veículos automotores a principal fonte de ruído. Apesar de a Lei Brasileira de Crimes Ambientais n. 9.605:1998 abordar em seu art. 54, a poluição sonora como crime, constata-se níveis de ruído acima dos valores recomendados nos grandes centros urbanos, que é de 60 decibéis (BRASIL, 1998).

As áreas urbanas apresentam uma grande diversidade de tipos de superfície, devido à substituição de elementos naturais por materiais e objetos artificiais, com isso provocando mudanças na rugosidade da superfície e em suas características tais como albedo, capacidade térmica, emissividade, na capacidade de infiltração de água no solo, na composição química da atmosfera local, etc. Particularmente a cobertura vegetal natural tende a diminuir cada vez mais pela atuação humana,

Segundo estudos efetuados por Katzschner (2010) em Kassel, Alemanha, onde as temperaturas superficiais e do ar à 40 cm de altura sobre amostras de diferentes tipos de revestimentos urbanos, nas mesmas condições microclimáticas, resultou em variações significativas, como por exemplo, diferenças de mais de 10°C nas temperaturas superficiais destes revestimentos. Alves e Vecchia (2012) mediram e analisaram a variabilidade da temperatura superficial em seis diferentes tipos de cobertura do solo na cidade de Israelândia - GO, observando a ocorrência das maiores temperaturas superficiais em solos asfaltados ou pavimentados com concreto e as menores em gramados, situação que se manteve mesmo em períodos nublados. Observa-se que as amplitudes térmicas diminuem com a altura, para todos os tipos de revestimento do solo, tanto no período úmido quanto no seco.

A análise dos dados indicou que a interação entre ruído e velocidade do vento ($r = 0,20$) há uma grandeza diretamente proporcional de grau fraco, todavia Cantieri *et al.*, (2010) elevados valores de ruído nestes pontos podem ser explicados pelo elevado trânsito de ônibus e automóveis, visto que a rua apresenta de tráfego de mão dupla relação entre os fatores velocidade do vento é negativa, pois a medida em que a velocidade do vento aumenta a temperatura diminuir.

No trecho **P₄-P₁**, foram correlacionadas as variáveis ambientais para: a) velocidade do vento com temperatura (Figura 13a); ruído com temperatura (Figura 13b) e ruído com velocidade do vento (Figura 13c).

Figura 13 - Valores médios dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₄-P₁** para: a) velocidade do vento e temperatura; b) ruído e temperatura; c) ruído e velocidade do vento. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Os dados obtidos e analisados sobre a interação entre a velocidade do vento e temperatura apresentou correlação linear negativa com grandeza de grau fraco ($r = 0,5$), pois com a influência da vegetação entre os e a presença do corpo hídrico, rio Paragominas, ocorre o processo de evaporação da água, fazendo com que tenha uma maior umidade do ar, resfriando o entorno e juntamente com o efeito da ventilação, que arrasta essas partículas de água, melhorando assim a sensação térmica no local. Para justificar esse processo, em um estudo efetuado por Martini e Biondi (2015) na cidade de Curitiba - PR, evidencia que a presença de uma floresta urbana melhora o microclima, com a atenuação do parâmetro temperatura e aumenta a umidade relativa do ar, ou seja, áreas verdes tem efeito amenizador do microclima, podendo ser sentido em um raio de até 100 metros de distância quando a velocidade do vento é significativa.

Na relação do ruído com a temperatura, observou-se que é uma correlação linear negativa, pois a medida que a temperatura aumenta o ruído diminui e vice e versa, a análise desses parâmetros apresentou correlação de Pearson ($r = 0,91$) de grau forte. De acordo com estudos efetuados por Monteiro (2012) no centro urbano da cidade de Braga em Portugal, sobre a relação do ruído com a temperatura, justifica-se porquê a temperatura encontra-se relacionada com a velocidade que o ruído toma, ou seja, a velocidade do som vai depender da temperatura dispersa no ar, com isso, quanto mais quente o ambiente mais rápido as intensidades sonoras se propagam, é o fenômeno chamado de refração, onde as ondas sonoras mudam sua direção.

Na relação do ruído com a velocidade do vento no trecho P_4-P_1 os dados obtidos indicaram que há uma linearidade positiva ($r = 0,10$) de grau fraca. Isso se deve a presença das árvores. Sobre essa presença, Pessoa (2014), efetuou um estudo em Ilha Grande dos Marinheiros, em Porto Alegre - RS, e concluiu que as copas densas das arvores funcionam como barreiras, reduz a velocidade dos ventos e amortece os ruídos gerados por veículos, que é comum nas áreas urbanas, principalmente nas áreas centrais, onde diariamente circulam um grande número de pessoas utilizando veículos automotores numa sinfonia auditiva irritante e nociva à saúde pública. Nesse contexto, a pesquisa realizada em Paragominas, devido à similaridade dos dados obtidos, corrobora com o obtido em Ilha Grande Dos Marinheiros.

Ademais, quanto a relação do parâmetro luminosidade (W/m^2), no trecho P_1-P_2 , foi analisado para: a) Temperatura e luminosidade (Figura 14a); velocidade do vento e luminosidade (Figura 14b), para verificação de ações entre elas, de direta ou indireta, e a forma da grandeza a que são submetidas.

Figura 14 - Valores dos parâmetros ambiental entre o trecho P_1-P_2 para: a) temperatura e luminosidade e b) velocidade do vento e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

O coeficiente de correlação de Pearson ($r = 0,99$) indicou uma grandeza forte entre temperatura e luminosidade e direção positiva. Isso justifica-se por este trecho se encontrar muito próximo à via com cobertura asfáltica, sendo assim, este ponto também é afetado por ações urbanas como o concreto das construções, o asfalto e a escassa presença de vegetação, fatores oriundos do avanço populacional. Neste contexto, Cabral (2013), afirma em seus estudos que é preciso considerar a arborização de uma cidade, pois promove temperaturas mais amenas, se comparado com as áreas urbanas que já não possuem muitas árvores e tem a presença de muito concreto.

Em contrapartida, o coeficiente de correlação entre velocidade do vento e luminosidade ($r = 0,87$) apresentou um comportamento com direção negativo e de grau forte, inversamente proporcional. Neste caso, a luminosidade é dispersa pela ação do vento e a apresenta vegetação, ainda que reduzida, atua como barreira para a passagem da incidência solar e isso justifica o baixo valor de luminosidade. Assim como na pesquisa de Santos *et al.* (2011) efetuada no campus central da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, em Pernambuco, na qual verificou-se que em áreas com a presença de ações antrópicas, a cobertura vegetal torna-se indispensável para a redução da radiação solar, o que manterá uma ventilação e conforto térmico.

Em seguida, no trecho **P₂-P₃**, as relações ambientais para: temperatura e luminosidade (Figura 15a); velocidade do vento e luminosidade (Figura 15b), apresentaram comportamentos diferentes do trecho anterior, principalmente temperatura e luminosidade por deixar de ser uma relação positiva e passar a ser negativa

Figura 15 - Valores dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₂-P₃** para: a) temperatura e luminosidade e b) velocidade do vento e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Esses dados indicam que há um benefício, devido à presença de vegetação a margem do rio Prainha, onde a relação deu-se de modo negativo com grau forte ($r = 0,85$), uma ação inversamente proporcional entre as variáveis. Na pesquisa realizada por Pinheiro e Souza (2017), em Petrolina-PE, os dados indicaram que a introdução de áreas verdes para proporcionar sombra em ambientes urbanos e a manutenção e/ou conservação de corpos hídricos gera uma considerável melhoria e estabilidade microclimática, pelo fato de ocorrer o processo de evapotranspiração, no qual é liberado um grande volume de vapor de água, além de servir para a manutenção da qualidade de vida local.

Para a interação entre velocidade do vento e luminosidade, os dados obtidos indicaram que há ocorrência uma significância ($r = 0,20$ fraca, pois, trata-se de duas grandezas inversamente proporcionais, ou seja, uma variável pouco influencia no comportamento da outra. A vegetação nesse trecho é responsável por esse fato, conforme explana a pesquisa de Bataghin, Barros e Pires (2010).

Realizada na floresta Nacional de Ipanema, em São Paulo, este estudo explica que o baixo grau de luminosidade se dá por conta de as árvores impedirem a passagem dos raios solares, reduzindo assim, a intensidade luminosa que somada a ação dos ventos, dispersa a radiação.

No trecho **P₃-P₄**, as relações ambientais para: a) velocidade do vento e luminosidade (Figura 16a); temperatura e luminosidade (Figura 16b), apresentaram comportamentos distintos. Nesse trecho a relação entre temperatura e luminosidade volta a ser positiva e a relação da velocidade e luminosidade permanece com relação negativa assim como nos pontos anteriores.

Figura 16 - Valores dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₃-P₄** para: a) velocidade do vento e luminosidade e b) temperatura e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Percebe-se agora que a interação entre velocidade do vento e luminosidade, indica que há uma grandeza indireta, pois um não apresentou alta dependência com relação ao outro, o que não significa que não irá haver dependências entre as variáveis em algum momento. A correlação de direção mostrou-se negativa e inversamente proporcional, de grau forte ($r = 0,88$), isso, devido à ausência de arborização que serve como barreira para esses parâmetros. No estudo efetuado por Heerdt e Oliveira (2016) na cidade de Palmas –TO, os autores concluíram que as vegetações urbanas afetam o microclima positivamente, que com elevada taxa de absorção da radiação solar provocam o efeito de sombreamento natural e resfriado pela transpiração, se comparado a estruturas e materiais de construção e a espaços abertos, reduzem a temperatura ambiente.

Em conformidade, os resultados encontrados sobre a análise da correlação da temperatura com a luminosidade neste trecho, apresentou grau forte ($r = 0,85$). Rampazzo *et al* (2013) realizou pesquisa na cidade de Cáceres-MT, e obtiveram dados que indicaram, acerca da incidência da radiação, quanto menor ela for, menor serão os efeitos extremos da radiação, por isso, proporciona melhores condições ambientais. Já em relação as variáveis Luminosidade e Temperatura, os autores identificaram que durante o período de verão haviam os maiores focos de incidências. Ou seja, a temperatura é diretamente influenciada pela incidência de luminosidade, de modo que no verão, as temperaturas são muito mais elevadas que no inverno, quando não há alta incidência.

Por conseguinte, no trecho **P₄-P₁**, as relações ambientais para: velocidade do vento e luminosidade (Figura 17a); temperatura e luminosidade (Figura 17b), apresentaram comportamentos distintos, nesse trecho a direção entre temperatura e luminosidade continua a ser positiva, como no ponto anterior, e a relação da velocidade e luminosidade permanece com relação negativa.

Figura 17 - Valores dos parâmetros ambiental entre o trecho **P₃-P₄** para: a) velocidade do vento e luminosidade e b) temperatura e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Os parâmetros velocidade do vento e luminosidade apresentou correlação de grau fraco ($r = 0,10$) e direção negativa, inversamente proporcional. Nesse ínterim, ocorre devido à localização do trecho, local com árvores de médio porte no qual proporciona sombreamento, impedindo assim a passagem do vento e a passagem da intensidade luminosa. De acordo com Muller, Bataghin e Santos (2010) em pesquisa realizada no estado do Rio Grande do Sul, conclui-se que os dosséis das árvores contribuem para aumento da velocidade na parte superior ao dossel e diminui na parte inferior, diminuindo também a incidência de luz e temperatura.

Outrossim, a relação da temperatura e luminosidade foi de grau forte ($r = 0,90$), com direção positiva e diretamente proporcional. Diante disso, conforme estudo de caso de Gomes e Lamberts (2009) em Montes Claros-MG, a presença de um corpo hídrico em áreas urbanas é de suma importância para a manutenção do clima e conforto térmico local, já que são capazes de regular a ação entre calor e umidade relativa do ar. Diante disso, o recurso hídrico é relevante para amenizar efeito da ilha de calor, ou seja, é através da evaporação do rio que a água converte a energia radiante para calor latente, o que contribui para o processo de redução da temperatura e, consequentemente, para o aumento da umidade do ar que diminui a intensidade da luminosidade.

Diante os dados analisados e correlacionados, foi possível tirar a média de cada parâmetro nos devidos trechos (Figura 18) para melhor explicar o que ocorreu em cada ponto e correlaciona-los com as ações antrópicas e naturais que ocorrem na área de coleta dos pontos.

Figura 18 – Relação da média das variáveis velocidade do vento, luminosidade, temperatura e ruído nos trechos 1 (**P₁**-

Fonte: autores (2018)

Observa-se no ponto 1 (Trecho **P₁-P₂**) que as variáveis velocidade do vento (0,27 m/s), luminosidade (1,53 w/m²) e ruído (59,7 dB) apresentaram os menores valores e a temperatura foi elevada (30,83°C). Esses parâmetros sofrem influência das condições de desenvolvimento urbano, como o concreto das construções o asfalto e a ausência de vegetações, nessas áreas a temperatura sofre aumento e a umidade relativa do ar diminui, causando desconforto térmico e um ambiente com ar seco.

Por conseguinte, no ponto dois (Trecho **P₂-P₃**) os fatores abióticos: luminosidade (1,41 w/m²), ruído (59,7dB), temperatura (31,03°C) e velocidade do vento (0,87 m/s). Nesse trecho a velocidade e a temperatura apresentaram valores mais elevados, quando comparados aos outros pontos. Nesse ínterim, a temperatura foi elevada devido à proximidade com a via asfáltica e o concreto da ponte que transpassa o Rio Prainha, além disso, a variável Ruído, apresentou valores em decibéis menores juntamente com o trecho anterior, em comparação com os demais trechos, isso é explicado por não ter ocorrido um fluxo intenso na hora da coleta gradiente.

No ponto três (Trecho **P₃-P₄**) as variáveis apresentaram os maiores picos de média, devido à ausência da cobertura vegetal nesse ponto, que recebe uma alta incidência solar (5,72 w/m²), conseqüentemente, uma taxa de temperatura do maior (30,87) e a redução da velocidade do vento, pois a alta temperatura do ar e incidência de radiação solar faz com que o ar permaneça seco, com isso, sem ventilação.

Por fim, no ponto quatro (Trecho **P₄-P₁**) a velocidade do vento foi a variável de menor valor (0,1 m/s) de todos os pontos. As massas de ar se atiram com as edificações e geram um fluxo de ar turbulento, o que vai favorecer as trocar de calor por convecção, assim, o valor dessa variável neste ponto, justifica-se pela presença de infraestruturas presentes no local. Ademais, a luminosidade é a segunda variável de maior valor (1,94 w/m²), pois nesse ponto a presença de vegetação arbóreas possibilita a baixa passagem da radiação solar, conseqüentemente a temperatura registrada foi menor que no ponto anterior (30,53 °C). O ruído (60,7 dB), no entanto, não sofreu grande variação com relação aos demais pontos.

CONCLUSÃO

O trecho avaliado durante esta pesquisa constitui uma Área de Preservação Permanente (APP), segundo a Lei n. 12.651/2012, áreas protegidas que tem como função proteger e preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Diante disso, os resultados obtidos com o estudo permitem concluir que a área do Rio Prainha e o entorno não está de acordo com o que o dispõe a legislação e possui diversos problemas ambientais decorrentes do processo de urbanização.

A fragilidade das leis ambientais e de ordenamento urbano abre caminhos para a expansão desordenada e ausência de planejamento, o que contribui para o uso e ocupação indevida do entorno do rio, a fragmentação da cobertura vegetal, impermeabilização excessiva dos solos, transmissão de doenças à população, entre outros impactos negativos que afetam os meios físicos, bióticos e socioambientais.

Vale ressaltar que todos os moradores entrevistados declaram haver coleta de lixo, pelo menos duas vezes na semana, no entanto, a população ainda faz despejo de RSD no entorno do rio, o que está diretamente relacionado a questão de educação sensibilização ambiental dos moradores.

RECOMENDAÇÕES

O crescimento urbano entorno do rio Prainha corrobora a hipótese da pesquisa, uma vez que se identificou a alteração da paisagem natural e a degradação ambiental pela ação antrópica. No

entanto, a percepção ambiental da comunidade é notada e pode-se moldar estratégias neste sentido afim de mitigar os impactos provocados ao local.

A área em questão deve ser revitalizada a partir da implantação de ações de gestão ambiental que unam esforços conjuntos do poder público com a comunidade. Neste último, primordialmente, a intervenção por meio de educação ambiental, visto que a educação e a percepção ambiental despontam como ferramentas na defesa do meio natural, e ajudam a reaproximar o homem da natureza (QUERINO; PEREIRA, 2016; PAULA; SILVA; GORAYEBE, 2014).

Dessa forma, a partir das informações obtidas, propõem-se (1) ações comunitárias de educação e sensibilização ambiental com a comunidade, onde se possa desenvolver palestras, dinâmicas educativas e distribuição de cartilhas e placas no local. Ou ainda, (2) a própria comunidade poderia estabelecer parceria com alguma empresa de coleta que possa incentivar os moradores através de campanhas, orientando o destino adequado dos resíduos, para que o que o corpo hídrico deixe de ser fonte de contaminação.

Essas ações podem ser realizadas por discentes do curso de Engenharia Ambiental da universidade do Estado do Pará (UEPA), que contempla um *Campus* no município do local de estudo. E/ou até mesmo incentivar e orientar a comunidade a instituir uma associação de moradores para viabilizar essas parcerias.

O Ministério Público deve promover um plano de adequação ambiental da área e a realização de um Termo de Ajuste de Conduta para alcançar o objetivo de recuperação da qualidade ambiental da área. Os órgãos de fiscalização ambiental, no caso, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) também devem, impreterivelmente, promover uma ampla fiscalização na região para evitar que o problema de despejo de resíduos e ocupação dentro da APP continue e, junto ao Ministério Público, punir os responsáveis que ainda insistem neste ato.

REFERENCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2002.

ALVES, E. D.; BIUDES, M. S. L. Análise da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de microclimas. **Revista. INTERthesis**. Florianópolis, v.9, n.2, p.139-156, jul. /dez. 2012.

ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA. **Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2014.

BATAGHIN, F.A.; BARROS, F. PIRES, J.S. R. Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.33, n.3, p.501-512, jul./set. 2010

BITTENCOURT, H. R. Estatística Aplicada à Engenharia. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2014. Disponível em: http://www.feng.pucrs.br/professores/helio/Especializacao_em_Engenharia_de_Processos_e_de_Sistemas_de_Producao/Estatistica/Material_Helio_FINAL_2014.pdf. Acesso em: 23 mar. 2018.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil promulgada em 5 de outubro de 1988. São Paulo: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/2092/A-Constituicao-Federal-e-o-meio-ambiente> >. Acesso em: 18 de mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em 15 de mar. de 2017.

CABRAL, P. I. D. Arborização urbana: problemas e benefícios. Revista Especialize On-line IPOG, v. 1, n. 6, p.1-15, 2013.

CANDIANI, G.; CORTEZ, A.T. C, Analise da implantação das medidas mitigatórias estabelecidas no estudo de impacto ambiental da central de tratamento de resíduos- Caieiras- São Paulo. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 2, p.115-130, maio/ago. 2013.

CANTIERI, E. *et al.* Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba – PR. **Revista Produção Online**, v.10, n.1, p.71-95, mar. 2010.

COSTA, F. T. et al. Extensometria para medição do crescimento de árvores. **Revista Espacios**, v. 38, n. 13, p. 14, 2017. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n13/a17v38n13p14.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

COSTA, R. G. S.; BENACHIO, M. V.; BORGES, A. A. S.; COLESANTI, M. T. M. Uso, afetividade e percepção: um estudo da satisfação dos frequentadores do Parque do Sabiá em Uberlândia/MG. **Revista de Geografia**, v.28, n.1, p.14-24, 2011.

FARINACCIO, A.; TESSLER, M. G. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. **Revista Gestão Costeira Integrada**, São Paulo, v.10, n.4, p.419-434, jul. 2010.

FIALHO, E. S.; DE ALVAREZ, C. E. Análise de Índices de Conforto Térmico Urbano associados às Condições Sinóticas de Vitória (ES), Brasil. 2017.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. **FAPESPA**: Estatísticas Municipais paraenses: Paragominas. Diretoria de estatística e de tecnologia e gestão da informação. Belém, 2016.

GOFFINET, B.; BUCK, W.R.; SHAW, A. Morphology and classification of the Marchantiophyta. In: **Goffinet, B. & Shaw, W.R. Bryophyte Biology**. New York: Cambridge University Press. Pp. 1-54, 2009.

GOMES, P.S.; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso montes claros, MG. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.73-91, jan./mar. 2009.

HEERDT, C.; OLIVEIRA, M.C.A. UM estudo sobre a influência da arborização na praça da avenida NS15 da quadra 307 Norte. Revista Desafios, v. 03, n. Especial, p.34-48, set. 2016.

KARPINSK, L. A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: Uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KATZSCHNER, L. Thermal comfort evaluation for planning in cities under consideration of global climate change. **Fórum Patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável**, (on-line), Belo Horizonte (MG), v. 4, n. 1, 2010, 14p. Disponível em:

http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/view/39/34. Acesso em: 31 jan. 2019.

MAGIOLI, F. B.; TORRES, J. C. B. Influência das transformações urbanas no conforto acústico: estudo-piloto da cidade universitária da UFRJ. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 10, n.2, p. 400-413, mai/ago, 2018.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba, PR. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p.182-193, 2015.

MIRANDA BENINI, R.; MENDIONDO, E. M. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 211-222, 2015.

MONTEIRO, J.P.S. Variação do teor em partículas e ruído a uma escala urbana. 2012. Dissertação (mestrado integrado em engenharia civil) - Universidade do Minho Escola de Engenharia, Portugal, 2012.

MULLER, A.; BATAGHIN, F.A.; SANTOS, S.C. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de floresta ombrófila mista, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Perspectiva**, Erechim. v.34, n.125, p.29-39, mar. 2010.

PAULA, E. M. S.; SILVA, E. V.; GORAYEB, A. Percepção ambiental e dinâmica geoecológica: premissas para o planejamento e gestão ambiental. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.26, n.3, p. 511-518, set./dez. 2014.

PESSOA, M. L. Ocupação irregular e regularização fundiária de interesse social em áreas de proteção ambiental: o caso da ilha Grande dos Marinheiros, Porto Alegre/RS. 2014. Dissertação (mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano de Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p.67 - 82, abr./set. 2017.

PINTO, D. N. *et al.* Impacto do ruído de tráfegos: estudo de caso no bairro de lagoa nova, Natal-RN. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 6, n.2, p.28-37, 2013.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da Pesquisa e do trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo – RS: Universidade Feevale: 2013.

QUERINO, L. A. L. PEREIRA, J. P. G. Geração de resíduos sólidos: a percepção da população de São Sebastião De Lagoa De Roça, Paraíba. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 15, n. 1, jan./abr, 2016.

RAMPAZZO, R. *et al.* Eficiência de telas termo refletoras e de sombreamento em ambiente protegido tipo telado sob temperaturas elevadas. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v22, n.1, jan./fev. 2014.

RIGON, V. S. **Aspecto e impactos ambientais durante a fase de execução de uma obra residencial**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

ROCHA, V.M.; FIALHO, E.S. Uso da terra e suas implicações na variação termo higrométrica ao longo de um transecto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de C. Humanas**, v.10, n.1, p.64-77, jan./jun. 2010.

ROMERO, M.A.B. Correlação entre microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v.4, n.1, p.9-22, 2011.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos e Iniciação Científica**. São Paulo: Paulus, 2014.

SANTOS J. S.; MELO B.C.B.; ARAÚJO L.E.; MELO E.E.C. Caracterização do campo térmico urbano e suas relações com o uso e ocupação do solo no Campus Central da UFPB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.445-462, 2011.

SANTOS, I. D C. A avaliação de impacto ambiental e a responsabilidade do Brasil diante da degradação ao meio ambiente. **Interfaces Científicas**, Aracajú, v. 1, n. 2, p.67-74, fev. 2013.

SANTOS, T. T. T. Liquens como bioindicadores da qualidade do ar na Avenida Conde da Boa Vista e Praça Oswaldo Cruz, Recife-PE. **Revista Arrudea**, v. 1, n. 2, p. 61-74, 2016.

SILVA, M. P. P.; KAMINO, L. Y.; PÔRTO, K. C. **O atual sistema de redes de áreas protegidas na floresta atlântica é eficiente na conservação de espécies-chave de briófitas?** 64º Congresso Nacional de Botânica, Belo Horizonte, 2013.

SILVA, R. F. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grandes em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016.

TAUN, Y. F. Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. São Paulo: Eduel, 2012.

Ana Beatriz Matos Rodrigues

Concluinte de Engenharia Ambiental – Campus VI
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
anabrodriguesz@gmail.com

Raissa Jennifer da Silva de Sá

Concluinte de Engenharia Ambiental – Campus VI
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
raissajenniferdasilvadesa@gmail.com

Antonio Gabriel Sales de Souza

Concluinte de Engenharia Ambiental – Campus VI
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antoniogabrielsales@outlook.com

Jaqueline Gomes da Silva

Concluinte de Engenharia Ambiental – Campus VI
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
Jagomes0297@gmail.com

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Para
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 12 -

**ESTUDO INTEGRATIVO ENTRE TRÊS PARÂMETROS
AMBIENTAIS (TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E
VELOCIDADE DO VENTO), FAUNA EPÍGEA E VEGETAÇÃO EM
FLORESTAS URBANAS**

Ana Júlia da Silva Moura; Kevin de Oliveira Moura; Letícia Picanço da Silva;
Rafael Dias Bicalho; Antônio Pereira Júnior.
DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-12

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo se relaciona aos sucessivos processos biológicos e físico-químicos que são influenciados diretamente pelas condições ambientais presentes no meio de estudo (MUSCOLO, 2014; SCORIZA, 2016b). Desta forma, a análise de variáveis como umidade relativa do ar, temperatura e intensidade de vento se apresenta como importante ferramenta para análise dos efeitos de impactos resultantes da intervenção humana ou identificação de etapas de regeneração natural da área.

O estudo acerca da comunidade epígea contribui significativamente para a manutenção da qualidade dos solos. Neste sentido, a análise da frequências e distribuição dos seres vivos, bioindicadores da qualidade do solo, aliada à de condições microclimáticas e serapilheira, possibilita avaliar e considerar interferências antrópicas em um ecossistema (PATUCCI, 2017; SCORIZA, 2016a). A ecologia natural, área do pensamento ecológico, dedica-se a analisar o funcionamento de sistemas naturais, como florestas, oceanos, etc., entender a dinâmica de vida da natureza e se vale de fundamentos de várias ciências como a química, física e geologia (LAGO; PÁDUA, 2017). Neste sentido, compreender a interação entre a fauna e variáveis e características ambientais é de extrema relevância para avaliar certa área ou ainda fazer o planejamento desta.

Em decorrência do aumento populacional, foi verificado um crescimento exponencial no que diz respeito à urbanização e desenvolvimento de cidades. As cidades, ao contrário de serem locais homogêneos, possuem zoneamentos conforme o tipo de atividade pretendida ou uso dado a áreas (parques, zona industrial, zona residencial) (RODRIGUES; BORGES-MARTINS; ZILIO; 2018).

A migração de pessoas de áreas rurais para as cidades e vilas foi também um dos fatores determinantes para enveredar a expansão urbana. Assim, desde o ano de 2008, a maior parte da população mundial habita em espaços urbanos e esta estimativa tende a atingir aproximadamente 70% em 2050, posto que a alteração de paisagens provoca a criação de microclimas cuja temperatura, índice de precipitação e vento diferem-se daqueles do entorno (SALBITANO *et al.*, 2016).

Neste contexto, a intensa atividade antrópica e modificação do meio causou impactos negativos para o próprio. O debate público acerca de temas ambientais deu-se apenas um período após o tema ter acedido à agenda internacional e as leis brasileiras iniciais que visavam à proteção do meio ambiente estavam estritamente relacionadas a problemas de poluição (SÁNCHEZ, 2013).

Devido à retirada da cobertura vegetal e asfaltamento de cidades e rodovias, houve significativa mudança de temperatura, fator que pode ocasionar desconforto térmico de habitantes. Em vista disso, algumas cidades optam por construir áreas verdes de conservação, o que intervém diretamente no conforto térmico nas proximidades. Isto é, a arborização ameniza considerável quantidade da radiação incidente, o que garante que a menor parte de raios solares atinjam a superfície, além de que a evapotranspiração advinda da vegetação favorece o resfriamento do ambiente (LABAKI *et al.*, 2011).

As florestas urbanas representam para cidades uma forte influência no turismo, paisagismo e ainda na história local. A utilidade de florestas secundárias urbanas para cidades tem sido ressaltada por gestores públicos e moradores, uma vez que as mesmas proporcionam serviços e proveitos no

que diz respeito à vida, conforto ambiental, redução de poluentes do ar, além do convívio com elementos naturais, dentre outros (SANTANA; FREITAS; MAGALHÃES; 2015).

Parques ecológicos são excelentes exemplos de área verde em um município. No âmbito de políticas públicas, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – (SNUC), instituído pela Lei N. 9.986, de 18 de julho de 2000, Parque Nacional pode ser definido como uma das categorias de unidade de conservação. Quando uma unidade de conservação dessa categoria é criada pelo Estado, esta é tida como Parque Estadual. Uma vez criada pelos municípios, é denominada Parque Natural Municipal (LUNAS; RIBAS, 2013).

Nessa conjuntura, no que diz respeito ao município de Paragominas, localizado no estado do Pará, até 2008, a cidade já havia eliminado 43% de sua área florestal por meio de atividades madeireiras, moveleiras, além de carvoarias que ocasionavam o desmatamento e poluição ambiental, uma vez que as mesmas práticas não eram fiscalizadas e/ou até mesmo regularizadas por órgãos competentes (ALVES; PALHETA; ANDRADE, 2015). Como forma de reverter tal cenário, foi implantado o Projeto de Política Pública, intitulado de “Programa Município Verde”, desenvolvido pela Fundação Vale (COSTA; FLEURY, 2015).

Enfim, os problemas ambientais são diversos e constantes, e isso justificou esta pesquisa bem como incrementou a relevância da mesma, cujo objetivo foi analisar de forma quantitativa e qualitativa a interação entre três parâmetros atmosféricos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), a pedofauna e a vegetação em floresta urbana, apresentará informações de profunda relevância para modesta compreensão do funcionamento do Parque Ambiental Adhemar Monteiro, no município de Paragominas – PA além de propor recomendações para favorecer o processo de reabilitação da área.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas (Figura 1), é localizado na mesorregião sudeste do estado do Pará, detém a área de 19.342,254 quilômetros quadrados e população de 110.026 habitantes de acordo com a estimativa realizada pelo IBGE no ano de 2017 (IBGE, 2018). O clima da região é tropical quente e úmido, a temperatura média do município anualmente é de 26,3°C, referente a umidade relativa do ar anualmente é de 81% (ALVES; CARVALHO; SILVA, 2014).

Figura 1 – Localização do município de Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018)

ÁREA DO ESTUDO

A área de estudo localiza-se no interior do Parque Ambiental Adhemar Monteiro, onde se encontra uma floresta urbana sob a forma de Unidade de Conservação (UC). Foi delimitada, no sentido leste, a partir do protão de acesso do Parque, distante da cerca aramada, uma área total 100 m², com perímetro de aproximadamente 40 m (Figura 2).

Figura 2 – Vista superior da área de estudo. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas-PA.

Fonte: Google Earth (2017).

Os quatro pontos que delimitam a área foram nomeados de P₁, P₂, P₃ e P₄, a partir dos quais, obteve-se o posicionamento planialtimétrico, no sentido horário, do ponto P₁ para P₄ e em projeção transversal de Mercator, cuja sigla em inglês é UTM (Tabela 1).

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos quatro pontos que delimitam a área de estudo. Paragominas- PA.

PONTO	LATITUDE (UTM)	LONGITUDE (UTM)
P1	23 M 0238056m E	23 M 9670243m S
P2	23 M 0238050m E	23 M 9670237m S
P3	23 M 0238043m E	23 M 9670244m S
P4	23 M 0238052m E	23 M 9670248m S

Fonte: autores (2018).

ÁREAS ADJACENTES

Verificou-se também que, em volta da área de estudo, existem áreas que apresentam fauna, flora, presença de resíduos sólidos que podem influenciar direta ou indiretamente sobre a área delimitada para esse estudo (Figura 3).

Figura 3 – Croqui da área de estudo e áreas adjacentes. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas-PA

Fonte: autores (2018).

COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados nos dias 15 a 18 de agosto de 2018, nos quais foram mensurados três parâmetros ambientais (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), observadas as características fisiográficas do local, amostragem da pedofauna através das *Pitfall traps* (Quadro 1).

Quadro 1 – Atividades realizadas em campo, conforme dia de visita. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas-PA

DIA	P.V.	ATIVIDADES REALIZADAS
15	7h30 18h00	Ao chegar ao local, foi feita a delimitação da área de estudo e registro das coordenadas geográficas. Posteriormente, foi instalado o abrigo meteorológico para o Termo higrômetro e a partir das 9:00h foi mensurada a umidade relativa do ar por meio da verificação das temperaturas apontadas nos bulbos seco e úmido, e a velocidade do vento a cada hora até as 17:00h. Além disso foi preparado vinte e cinco covas para as <i>traps</i> e a instalação de 13 delas.
16	6h30 17h00	No segundo dia, foi acoplado o abrigo meteorológico e em e posteriormente foram aferidos novamente os valores de velocidade do vento e temperatura, a partir das 7:00h até as 17:00h, de uma em uma hora, além disso, foram preparadas as armadilhas restantes.
17	6h30 17h00	No terceiro dia, foi acoplado o abrigo meteorológico e em seguida foi feita a mensuração dos valores de temperatura e velocidade do vento, com início às 7:00h até as 17:00h a cada uma hora, além disso, foi feita a recarga da solução paralisante nas armadilhas
18	6h30 13h11	No último dia foi preparado o abrigo meteorológico e em seguida foram aferidos os valores de temperatura e velocidade do vento novamente, a partir das 7:00h até às 12:00h a cada uma hora, além disso, foram retiradas as armadilhas. etiquetadas e lacradas. Em seguida, foram armazenadas em caixas de papelão e levadas ao laboratório de qualidade ambiental na UEPA <i>campus VI</i> .

Fonte: autores (2018).

Em relação a coleta da fauna epígea, foram implantadas 25 armadilhas de queda (Figura 3), em inglês *pitfall traps* (AQUINO; CORREIA, 2005) na área delimitada.

Figura 4- a) armadilhas de queda *pitfall traps* alocadas na área destinada à pesquisa; b) Coleta intervalar de dados referentes às variáveis ambientais. Parque Ambiental Adhemar Monteiro, Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Em cada uma delas, colocou-se 150 mL da substância paralisante (970 ml de água destilada, 28ml de clorofórmio, três gotas de biodetergente) que ficaram durante quatro dias na área da pesquisa. Logo após elas foram retiradas, etiquetadas, lacradas e transportadas para o Laboratório de Qualidade Ambiental para identificação de acordo com as chaves classificatórias já preconizadas em estudos pioneiros (RUPPERT; BARNES, 1996).

Quanto a mensuração dos três parâmetros ambientais na área estudada, esta foi realizada com os equipamentos cedidos pelo Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade do Estado do Pará, *Campus VI*, Paragominas: anemômetro (Figura 5a), Psicrômetro (Figura 5b) e *Global Positioning System* (Figura 5c). A precisão de cada equipamento foi garantida pelos fabricantes pois forneceram certificações da calibração.

Figura 5 – a) anemômetro; b) psicrômetro; e c) *Global Positioning System* – GPS.

Fonte: autores (2018).

A precisão de cada equipamento é dada de acordo com seus respectivos modelo e marca (Tabela 2).

Tabela 2 – Equipamentos utilizados para mensurações dos parâmetros atmosféricos. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas - PA.

EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	UTILIDADE	UNIDADE
Anemômetro	Benetech	GM816	Mensurar a velocidade do vento	m/s
Diastimetro	Starrett	Tx1-10ME	Mensurar a distância entre dois pontos	cm
GPS	Gramim	ETREX30S	Coordenadas planialtimétricas	Graus, minutos e segundos
Psicrômetro	Incoterm	AS 5195	Mensurar a temperatura seca e úmida	°C

Fonte: autores (2018).

Essas mensurações foram necessárias porque o estudo tem foco interativo entre esses parâmetros, a fauna epígea e a vegetação, logo, deve-se conhecer a interação entre a umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, dominância de superfícies construídas, ausência de vegetação o que caracteriza a presença de poluição ambiental (MASCARO, 2018). Além dos equipamentos, foram utilizados outros materiais de acordo com sua respectiva aplicação (Tabela 3).

Tabela 3 – Materiais utilizados na pesquisa. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas – PA.

MATERIAL	UTILIDADE	QUANTIDADE
Abrigo meteorológico	Proteção do psicrômetro	1 Unidade
Bandejas de isopor	Proteção das <i>Pitfall Traps</i>	30 Unidades
Draga	Cavar trincheiras	2 Unidades
Enxada	Retirar a vegetação de gramíneas	1 Unidade
Ferro de cova	Descompactação do solo	1 Unidade
Galão de 20L	Armazenamento da solução paralisante	1 Unidade
Hastes de madeira	Suporte para as bandejas de isopor	125 Unidades
Linha de nylon	Delimitar e proteger a área de estudo	50 Metros
Nível de mão	Aferir o nivelamento do abrigo meteorológico	1 Unidade
Proveta de 100ml	Medir a quantidade de solução para as armadilhas	1 Unidade
Solução paralisante	Capturar a pedofauna	5 Litros
Vasilhames de plástico de 500ml	Armazenar a solução paralisante e a pedofauna	25 Unidades

Fonte: autores (2018).

MÉTODO

O método utilizado foi método dedutivo, pois fora realizada síntese, análise e enumeração dos dados, como exposto por Gerhard e Silveira (2009) coletados das variáveis ambientais e da captura de uma amostra da fauna, visando encontrar as variações de dados que explanassem as consequências das ações antrópicas no meio. Tal método foi acrescido com o levantamento de dados documentais que apresentaram um recorte temporal situado entre 2008 e 2018, devido aos últimos anos de trabalhos recentes, para uma melhor avaliação de impacto ambiental.

As bases para esse levantamento foram: *Science Eletronic Library Online* (SciELO), Coordenação de Pesquisa e Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), periódicos e GOOGLE SCHOLAR. Em relação à pesquisa, ela apresenta abordagem quantitativa, onde teve-se como base o paradigma experimental. O modelo quantitativo evidencia-se por formular hipóteses prévias e técnicas de verificação sistemática, para se obter explicações causais para os fenômenos estudados. (LANDIM *et al.*, 2012).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

A contagem da fauna epígea foi efetuada a partir da adaptação realizada no método preconizado por Aquino e Correia (2005). A adaptação foi necessária devido a permanência por um período inferior a sete dias. Ela reside na contagem por vasilhas coletadas e, em seguida, o cálculo da média aritmética por vasilha.

Quanto aos dados dos parâmetros atmosféricos, eles foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel (MICROSOFT CORPORATION, 2016). Em seguida, aplicou-se a Estatística Descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação). Para o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado o *software* BioEstat 5.3, sendo que a correlação de Pearson, pois, necessita-se verificar a intensidade da relação entre temperatura e umidade do ar, além da velocidade dos ventos. Os valores utilizados para r (Tabela 3), foram adaptados em pesquisas anteriores (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009; PORTO, JESUS, PEREIRA JÚNIOR, 2017) e, quanto mais perto de 1 terá uma relação direta e forte e quanto mais perto de -1 terá uma relação forte, porém inversa.

Tabela 3 – Valores utilizados para r .

Valores	Caracterização	Relação
0	Não há	Não há
0,10 a 0,30	Correlação fraca	Direta
-0,10 a -0,30	Correlação fraca	Inversa
0,40 a 0,60	Correlação média	Direta
-0,40 a -0,60	Correlação média	Inversa
0,70 a 1,00	Correlação forte	Direta
-0,70 a -1,00	Correlação forte	Inversa

Adaptada a partir dos dados contidos em Figueiredo Filho (2009) e Porto, Jesus e Pereira Júnior (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARÂMETROS ATMOSFÉRICOS

Quanto à análise de dados obtidos para temperatura, foram dispostos os valores de amplitude térmica inerentes a cada horário de mensuração de cada dia no local de estudo (Figura 6).

Figura 6 – Amplitude Térmica registrada para 12 horas. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas – PA

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados adquiridos apontou predisposição significativa de elevação entre 0700h às 12:00h durante o período da pesquisa. No estudo efetuado por Santos e Galvani (2016), no perfil topoclimático da Trilha Caminhos do Mar - SP, os autores concluíram que a radiação solar e o balanço de radiação em superfícies, que são determinantes para distribuição horária da temperatura, desta forma, os maiores valores referentes à temperatura diária tendem a ocorrer de 2 a 3 horas após o pico de energia radiante, devido ao tempo que a atmosfera leva para se aquecer entre a superfície do solo e a altura padrão de medidas de temperatura do ar, em média.

Já em relação aos valores das 13:00h às 17:00h, a análise dos dados obtidos indicou que, a máxima amplitude térmica (7,5°C), ocorreu no primeiro dia (15/08/2018, às 13:00h), com tendência a estabilidade até às 14:00h, com tendência a diminuição (- 0,5°C) até o horário medição posterior (14h00). Tal valor equivalente a 7°C permaneceu estável entre 15h e 17h. Neste contexto, é esperado que, sob valores mais amenos de temperaturas, as diferenças de temperatura entre diversos pontos da cidade se manifestem de maneira mais distinta (GARTLAND, 2010).

No segundo, terceiro e quarto dias, dia 16, 17 e 18 de agosto, respectivamente, a mesma situação de tendência de acréscimo quanto à amplitude térmica foi indicada ao longo das primeiras seis horas, gradativamente. No que diz respeito aos horários subsequentes, houve tendência à diminuição gradativa até às 14:00 visto que às 15h foi registrado um ligeiro acréscimo na temperatura, em seguida, redução até a última medição (exceto no último dia em virtude de as mensurações terem sido encerradas às 12:00h). É válido ressaltar que no dia 17, houve uma brusca diminuição de amplitude registrada entre 14:00h e 15:00h, decorrente de uma leve precipitação, com início às 14:15h, uma vez que a nebulosidade, assim como entrada de frente frias ao longo dia, entre outros controles da atmosfera, influem nas variações (SANTOS; GALVANI, 2016).

Foram correlacionadas entre si as médias de valores das variáveis (umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento) de cada dia do local de estudo (Figuras 7a, 7b e 7c).

Figura 7 – a) Correlação entre temperatura e umidade relativa; b) Correlação entre temperatura e velocidade do vento; c) Correlação da umidade relativa e velocidade do vento.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados do coeficiente de Pearson indicou uma correlação muito forte entre temperatura e umidade relativa do ar ($r = -0,9886$), porém, as correlações entre a temperatura e a velocidade do vento ($r = 0,5538$) e umidade relativa e a velocidade do vento ($r = -0,6656$), foram médias. Esta segunda apresentou um valor de aproximadamente 0,5, logo, quando um aumenta ou diminui o outro irá aumentar ou diminuir a metade da medida do outro.

A temperatura e umidade relativa são grandezas inversamente proporcionais. Isto é, a umidade relativa apresenta comportamento inverso à temperatura. Tal fator é facilmente notado uma vez que os picos referente aos valores de umidade relativa do ar são registrados, em todos os casos estudados (com exceção do último dia, posto que a mensuração foi encerrada às 12:00h), na primeira mensuração do dia, visto que chega a atingir até mesmo 87% no segundo dia de análise, 18 de agosto.

Ao se aproximar de 12:00h, os valores tendem a diminuir e se elevarem novamente a partir das 15:00h no primeiro dia (de 55% para 56%), a partir das 13:00h no segundo dia (de 38% para 53%) e às 13:00h no terceiro dia (de 48% para 49%). Estudo realizado no Pantanal - MT por Galeano *et.al.* (2013) apresentou exatamente o inverso no que se refere à temperatura: acréscimo nas horas iniciais do dia e decréscimo no final da tarde, cuja explicação consiste em os raios solares estarem mais próximos ao ângulo zenital da superfície analisada, o que ocasiona o aumento da temperatura pela energia proveniente de raios solares.

FAUNA EPÍGEA

Quanto à distribuição de indivíduos, as armadilhas de queda foram posicionadas ordinalmente nos quadrantes, infralinhas e ponto fiduciário (Figura 5).

Figura 5 – Armadilhas de queda dispostas por ordem nos quadrantes, infralinhas e ponto fiduciário. Paragominas – PA

Fonte: autores (2018)

Quanto à identificação e quantificação, foi estabelecido o número de indivíduos capturados de acordo com sua respectiva ordem por quadrante (Tabela 4),

Tabela 4 – Número de indivíduos amostrados por quadrante da área. Paragominas – PA

Ordens	Q1				Q2				Q3				Q4			
	A ₁	A ₄	A ₆	A ₉	A ₃	A ₅	A ₈	A ₁₀	A ₁₇	A ₂₀	A ₂₂	A ₂₅	A ₁₆	A ₁₈	A ₂₁	A ₂₃
Araneae	0	1	2	4	3	6	4	7	0	0	1	0	1	1	0	0
Coleoptera	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Diplura	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hymenoptera	5	27	9	31	19	83	62	31	3	10	10	38	9	36	1	4
Isopoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Isoptera	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1
Psocoptera	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Orthoptera	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: autores (2018)

Além do número e classificação por ordem de indivíduos capturados em infralinhas e ponto fiduciário (Tabela 5).

Tabela 5 – Número de indivíduos amostrados, por ordem, nas infralinhas e ponto fiduciário.
Paragominas – PA

Ordem	Infralinhas								PF
	A ₂	A ₇	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₉	A ₂₄	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
Araneae	4	5	4	3	1	1	3	3	0
Hymenoptera	318	14	15	17	5	0	30	18	9
Isoptera	0	0	0	0	0	0	0	6	0
Protura	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Psocoptera	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: autores (2018)

O número de indivíduos coletados foi equivalente a aproximadamente 8,97 indivíduos por metro quadrado, o que torna o conhecimento acerca de tais comunidades de extrema relevância para a conservação da qualidade e biodiversidade dos solos urbanos (PATUCCI, 2017). Para o solo, a capacidade de espécies de macrofauna se movimentarem horizontal e verticalmente ajuda diretamente na distribuição de materiais orgânicos e minerais em profundidade por meio das galerias.

Assim, no quadrante 1, as capturas provenientes das *pitfall traps* A₁, A₄, A₆ e A₉ apresentaram maior ocorrência de Hymenoptera (86,75%) e Araneae (8,43%). Já no quadrante 2, com as *pitfall traps* A₃, A₅, A₈ e A₁₀, observou-se uma maior ocorrência de indivíduos da ordem Araneae (9,13%), Hymenoptera (89,04%) e Psocoptera (0,91%).

No entanto, no quadrante 3, cujas *pitfall traps* eram A₁₇, A₂₀, A₂₂ e A₂₅, foram encontrados em maior número os indivíduos pertencentes às ordens Psocoptera (4,48%) e Hymenoptera (91,04%). Após a realização de estudo sobre invertebrados presentes no solo, em Santa Terezinha-PB, Costa et al. (2016) notaram que a abundância de indivíduos da ordem Hymenoptera estava estritamente ligada à harmonia na quantidade de indivíduos nas profundidades estudadas, além da relevância ecológica dos seres para mata ciliar.

Em relação ao quadrante 4, de *pitfall traps* A₁₆, A₁₈, A₂₁ e A₂₃, houve uma maior frequência de Hymenoptera (86,21%), Araneae e Isoptera. Esse último é de suma importância para a fauna edáfica, já que influencia na estrutura do solo. Além de se organizarem em colônias e desempenharem uma função conforme sua especialização, fisiologia e morfologia. Sua maior ocorrência dá-se em zonas tropicais, entretanto também pode ser encontrado em ambientes temperados e desertos (BARRETA *et al.*, 2011).

Além das *pitfall traps* dispostas em cada quadrante, também houve aquelas que se encontravam nas infralinhas, A₂, A₇, A₁₄, A₁₅, A₁₉, A₂₄, A₁₁ e A₁₂, e, por fim, o ponto fiduciário, A₁₃, onde houve uma maior incidência de Hymenoptera (92,21%), Araneae (5,19%), Isoptera (1,30%). No geral, os organismos pertencentes à macrofauna atuam na aglomeração do solo, na ciclagem de nutrientes e também na criação de poros. Além de agirem como controladores biológicos, através da predação de demais invertebrados (MACHADO *et al.*, 2015).

VEGETAÇÃO NA FLORESTA URBANA

As observações *in situ* indicaram que a vegetação da área em estudo se encontrava escassa por apresentar somente a presença de gramíneas e pequenos arbustos cujo tamanho é insuficiente para gerar sombreamento. Dessa maneira, o solo apresentava alta exposição aos raios solares, no entanto, a árvore mais próxima do local de estudo, com uma distância de aproximadamente cinco metros e vinte centímetros, projetava sombra em uma parte da área e esta, apresentava gramíneas mais verdes se comparadas com as demais.

Quanto aos pequenos arbustos presentes, esses apresentavam algumas folhas com coloração amarelada, o que pode indicar a deficiência de nitrogênio no solo e resulta no amarelecimento das folhas mais velhas, pois o nitrogênio dessa planta é transferido para as folhas mais jovens (LOBO *et*

al., 2012). Ademais, esses foram inseridos pelo homem e não de forma natural, pois estavam dispostos em linha reta. Além disso, foi constatado que havia pouca serapilheira sobre o local, em sua maior parte composta por capim seco possivelmente advindo de origem alóctone e algumas folhas que eram em pequena quantidade arrastadas pelo vento sendo essas originadas no sub-bosque.

Em relação ao vento, esse tinha sua direção mais frequente do Nordeste para o Sudoeste, como no lado Nordeste não havia a presença de sub-bosque, mas sim de asfalto, não havia a chuva de sementes nesse sentido o que dificultava a regeneração natural da área, uma vez que sementes que são advindas do próprio local favorecem a autorregeneração da floresta, já as transportadas por agentes que causam a dispersão, resultam no crescimento da diversidade genética e florística (SCCOTI *et al.*, 2011).

Outro fator também observado foi a presença de uma unidade arquitetônica bem próxima ao local. A mesma consistia em um hotel revestido exteriormente por cerâmica na cor branca resultando em uma reflectância maior que incidia próxima a área de estudo aumentando ainda mais a incidência solar sobre a mesma. Além de que também havia um estacionamento coberto por asfalto e com uma distância de aproximadamente dois metros e trinta e cinco centímetros do local em questão, influenciando diretamente o mesmo, uma vez que materiais como pavimentos flexíveis, concreto, etc., possuem um saldo de radiação solar acima dos de áreas verdes, fato esse que resulta em temperaturas superiores (XAVIER *et al.*, 2015), onde, por meio da ação do vento, essa massa de ar quente era deslocada para a área de estudo.

Ademais, havia a constante passagem de carro ao longo do dia o que resultava na liberação de gases poluentes como o dióxido de carbono, onde um dos fatores que se pôde observar como efeito desses gases poluentes sobre o local, foram os vestígios de que anteriormente havia a presença de vários líquens nas árvores onde poucos ainda se encontravam vivos, uma vez que esses são seres bioindicadores que repontam a poluição ambiental, o que modifica suas funções vitais ou acumula toxinas (FRANCO *et al.*, 2009).

RECOMENDAÇÕES

- Não fazer a retirada da serapilheira presente no local, pois dificulta a reposição de matéria orgânica do solo.
- Plantio de arbustos com dossel abundante para que haja sombreamento na área e redução da exposição à radiação solar.
- A cor branca sobre a cerâmica do hotel possui albedo elevado e proporciona um conforto térmico para a parte interior do mesmo, no entanto aumenta a incidência solar sobre a área de estudo. Desta forma, pode-se optar pela utilização de parede vegetal no hotel, o que, além de proporcionar atenuação de temperatura, resulta na diminuição de reflectância de raios solares no local.
- Efetuar estudo e análise de macro e micronutrientes do solo para ter maior noção de sua resiliência e, desta forma, identificar elementos com escassez presente, para posterior reparação.

CONCLUSÃO

Os três parâmetros atmosféricos analisados apresentaram grande influência, pois, propiciam condições para os mecanismos de dispersão e desenvolvimento de sementes, o que favorece a regeneração natural da área. Porém, a escassez de espécies arbóreas de grande porte ocasiona a incidência direta de raios solares sobre o solo, o que o torna mais seco e dificulta o crescimento de pequenos arbustos.

A fauna de solo/pedofauna presentes, desenvolvem um papel de fundamental importância para o seguimento da reabilitação natural, visto que as funções exercidas, como movimentação, decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, contribuem para a promoção da qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. **Diagnóstico agrícola do município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.
- ALVES, R. L.; PALHETA, G. C.; ANDRADE, O. F. **Paragominas se Torna Exemplo de Sustentabilidade Combatendo O Desmatamento Na Amazônia**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 11, n. 7, nov. 2015.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos de solo**. Seropédica: EMBRAPA SOLOS, 2005.
- BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **In: Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.
- COSTA, R. M. C. *et al.* Abundância de invertebrados do solo em mata ciliar no semiárido da Paraíba. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, 2016.
- COSTA, J. M.; FLEURY, M. F. **O programa “municípios verdes”: estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses**. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 18, n. 2, p. 61 – 76, 2015.
- MICROSOFT EXCEL OFFICE. Gerenciador de planilhas eletrônicas. [S.I.]: Microsoft
- GALEANO, D. C.; BIUDES, M. S.; DANELICHEN, V. H. M.; FABIAN, F. A.; SOUZA, M. C. **Balanco de energia numa pastagem no Pantanal**. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, Gurupi, v. 4, n. 2, p. 113-118, 2013.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2009.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>>. Acesso em 23 ago. 2018.
- LABAKI, L. C. *et al.* Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, 2011.
- LAGO, A.; PÁDUA, J. A. **O que é ecologia**. São Paulo: Brasiliense, 2017.
- LANDIM, Fátima L. P. *et al.* Uma reflexão sobre as abordagens em pesquisa com ênfase na integração qualitativo-quantitativa. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 19, n. 1, p. 53-58, 2012.
- LOBO, D. M. *et al.* Características de deficiência nutricional do amendoimzeiro submetido à omissão de N, P, K. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.
- LUNAS, M. C. F. S.; RIBAS, L. M. L. R. Parques urbanos municipais em Dourados – MS - Brasil: estado da arte. **Redes**, v. 18, n. 2, p. 231-245. 2013.

MASCARO, J. J. Significado ambiental-energético da arborização urbana. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v. 7, n. 1, 2008.

MUSCOLO, A. *et al.* Biological indicators to assess short-term soil quality changes in forest ecosystems. **Ecological indicators**, v. 45, p. 416-423, 2014.

PATUCCI, N. N. *et al.* Inventário de fauna edáfica como instrumento na avaliação de qualidade e biodiversidade de solos urbanos: estudo de caso do parque CienTec. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 96, p. 66-90, 2017.

PORTO, M.L.; JESUS, E.S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Análise das tendências nas relações entre fluxo de veículos, arborização e os níveis de intensidade de ruído. **Ecologia e nutrição Florestal**, v. 5, n.3, p. 87 – 97, 2017.

RUPPERT, E.E.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6 ed. São Paulo: Rocca, 1996.

SANTOS, D. D.; MORAES, S. L.; GALVANI, E. Variação da temperatura do ar média, mínima e máxima no perfil topoclimático da trilha caminhos do mar (SP). **Revista Equador**, v. 5, n. 5, p. 01-19, 2016.

RODRIGUES, A. G.; BORGES-MARTINS, M.; ZILIO, F. Bird diversity in an urban ecosystem: the role of local habitats in understanding the effects of urbanization. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 108, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/isz/v108/1678-4766-isz-108-e2018017.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019

SALBITANO, F. *et al.* **Guidelines on urban and peri-urban forestry**. FAO, 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTANA, C. A. A.; FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Estrutura e similaridade em florestas urbanas na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Interciencia**, v. 40, n. 7, 2015.

SCCOTI, M. S. V. *et al.* Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 459-472, 2011.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Fauna do solo como indicadora em fragmentos florestais na encosta de Marrotes. **Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

SCORIZA, R. N.; CORREIRA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Colêmbolos e fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de degradação em fragmentos florestais de encosta. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 386, 2016.

XAVIER, A. L. *et al.* Estudo da influência de diversos tipos de morfologia urbana no microclima do campus da Universidade Federal de Mato Grosso. **Uniciências**, v. 10, n. 1, 2015.

Ana Júlia da Silva Moura

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
moura.anajuliasilva@gmail.com

Kevin de Oliveira Moura

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
kevinlo1221@hotmail.com

Letícia Picanço da Silva

Acadêmica de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
leticiapicanco@hotmail.com

Rafael Dias Bicalho

Acadêmico de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 13 -

**ANALISE QUANTIQUALITATIVA DA RELAÇÃO ENTRE A PEDOFAUNA,
ATMOSFERA E A VEGETAÇÃO**

João Paulo Sousa da Silva; Felipe da Silva Sousa; Felipe Costa Fausto; Felipe Daniel Souza
Cavalcante; Antônio Pereira Júnior.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-13

INTRODUÇÃO

O termo ecossistema foi utilizado pela primeira vez por Arthur George Tansley (1871 – 1955) um cientista britânico, em 1935. Inicialmente chamou-se sistema aberto, pois, troca energia e interage com seu entorno. Na visão de Tansley, as dimensões dos ecossistemas podiam variar desde o átomo até o universo, os sistemas menores seriam partes dos maiores e haveria uma interação entre eles (KATO; MARTINS; 2016).

Ecossistema se designa como o conjunto formado por todos os fatores bióticos e abióticos que atuam simultaneamente sobre determinada região. Portanto, qualquer ambiente onde há a interação entre o meio físico (natureza solar, luminosidade, temperatura, pressão, água, umidade do ar, salinidade) e os seres vivos ali presente são caracterizados como ecossistema (RAMOS, 2010).

A floresta tropical amazônica com sua enorme biodiversidade traz características únicas ao funcionamento biológico e às relações com o clima regional, bem como uma variedade de ecossistemas. Localizada ao redor da linha do Equador, ao norte do trópico de câncer, ao sul do trópico de capricórnio, o bioma amazônico abarca uma extensão geográfica de cerca de 4.196.943,00 km² apenas no território brasileiro, mas se estende por dois grandes domínios estruturais do continente sul-americano, com o maior número de biodiversidade (CORDEIRO; ARBAGE; SCHWARTZ, 2017).

Nesse sentido, o ecossistema amazônico é também caracterizado pelos altos índices pluviométricos, devido à formação dos chamados rios voadores que são cursos de água atmosféricos. Através da evaporação das águas do oceano atlântico, trazida pelos ventos alísios em direção ao continente sul-americano, ao encontrar a barreira natural formada pela Cordilheira dos Andes, faz com que essa umidade seja transformada em precipitação (MOSS, G; MOSS, M. 2015).

Com efeito, acontece o processo de lixiviação de alguns nutrientes do solo como o fosforo (P), nitrogênio (N), e potássio (K). Entretanto, a sua diversidade biológica faz com que se tenha matéria orgânica em abundância que contribui para a formação dos húmus, logo, haverá o processo de mineralização da matéria orgânica acumulada, que ficara disponível ao solo e será subutilizada pelas plantas (VALLADARES, BATISTELLA, PEREIRA, 2010).

Com base nesses problemas, justifica-se esta pesquisa, e a falta de soluções ou controle deles, elevou a relevância da mesma, cujo objetivo é analisar de forma quantitativa e qualitativa a ecologia e a dinâmica da relação entre a pedofauna, a atmosfera e a vegetação, no Parque Ambiental Municipal Adhemar Monteiro, Paragominas-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Paragominas-PA e situada no interior do Parque Ambiental Municipal Adhemar Monteiro. O acesso à área é pela rua Jorge Longo, (Bairro) Promissão, Loteamento Promissão I. A área estudada foi de 100 metros quadrados, com largura e comprimento de 10 m, sentido sul-norte (Figura 1).

Figura 1 – Mapa físico geográfico de localização da área de estudo, Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

As coordenadas geográficas (Tabela 1), dos pontos que delimitam a área foram marcadas no sentido horário, do ponto P1 para o P4, e P5 é onde está localizado o abrigo meteorológico.

Tabela 1 - Pontos de posicionamento planialtimétrico dos pontos analisados no Parque Ambiental Municipal de Paragominas-PA.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
P1	S 02°58'56,3''	W 047°21'32.5''	76m
P2	S 02°58'56.6''	W 047°21'32.6''	73m
P3	S 02°58'56.5''	W 047°21'32.9''	71m
P4	S 02°58'56.2''	W 047°21'32.8''	72m
P5	S 02°58'56.5''	W 047°21'32.7''	74m

Fontes: autores (2018).

MÉTODO

O método aplicado nesta pesquisa foi o dedutivo que, de acordo com o que foi sintetizado por Gil (2008), deve-se partir de duas premissas reconhecidas como verdadeiras: (1) a área delimitada para estudo está antropizada; (2) o solo está fraco em nutrientes devido a processo de lixiviação e carreamento. Dessa forma, a conclusão verdadeira é que a área apresenta baixa variedade de espécies pertencentes a pedofauna.

A pesquisa é quantitativa com caráter exploratório. Este método de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, isso com base no explanado por Gerhardt e Silveira (2009), com recorte temporal de 2008 a 2018 de buscas documentais das bases: *Science Electronic Library Online* (SciELO) e *GOOGLE SCHOLAR*.

Para mensuração das variáveis ambientais, o Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade do Estado do Pará — Campus VI — Paragominas-PA, fez a cessão dos materiais (Quadro 1).

Quadro 1 - Mensuradores utilizados para composição das pesquisas.

MATERIAL	MARCA	MODELO	UTILIZAÇÃO
Anemômetro	BENETECH	GM816	Aferir a velocidade do vento (m/s)
Psicrômetro	Incerterm	H-10	Avaliar a quantidade de vapor de água contido no ar.

Fonte: autores (2018).

IMPLANTAÇÃO DAS ARMADILHAS

Para implantar as 25 armadilhas foram feitas perfurações no solo com o auxílio da draga articulada, as mesmas tinham diâmetro de 12 cm e profundidade de 10 cm que comportasse as vasilhas ao nível do solo, a solução paralisante elaborada previamente no laboratório, foi inserida no interior da vasilha preenchendo um terço do recipiente, ou seja, 150 ml por armadilha (SILVA; AMARAL, 2013).

Na elaboração de 1L da substância paralisadora inserida nas armadilhas, foi necessário 970 ml de água destilada, 28 ml de formol e 2 ml de biodetergente. Foi evitada a diluição do líquido, ainda, que transbordasse após uma possível chuva, foi coberto com um prato de isopor quadrado (15 cm de largura e 15 de comprimento) apoiado em quatro hastes de madeira (Figura 4).

Figura 4 – armadilha tipo *pitt fall traps* sem cerca guia. Parque Ambients Adhemar Monteiro. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

AMOSTRAGEM

PEDOFAUNA

Após quatro dias de coleta de amostras, as vasilhas foram recolhidas e tampadas com suas respectivas identificações, direcionadas ao laboratório de Qualidade Ambiental para caracterizar os invertebrados. Após o processo de contagem e identificação da pedo fauna no Laboratório de

Qualidade Ambiental (Figura 5), obtiveram-se variações do tipo e quantidade de espécies capturadas pelas armadilhas, isto condiz as características modificadas do local.

Figura 5 – Processo de visualização e identificação da pedofauna. Parque Ambiental Adhemar Monteiro. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

ANÁLISE DE DADOS

Os tratamentos estatísticos dos dados foram feitos com uso de planilhas eletrônicas do *software* Excel (2016). Aplicou-se a Estatística descritiva (frequência absoluta; relativa e média). Para a valoração das variáveis, foi utilizada a correlação linear de Pearson (r), cujo coeficiente varia de -1 a +1. Os valores: $r = 0$, não há correlação; 0,10 a 0,30 fraca; 0,40 a 0,60 moderada; 0,70 a 1,00 forte (PORTO; JESUS; PEREIRA JÚNIOR; 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A PEDOFAUNA

Com a quantificação da pedo fauna identificou-se noventa e três indivíduos distribuídos em sete ordens, Hymenoptera com a presença da família Formicidae com (58 = 58,73%), seguida por (19 = 19,56%) da ordem Araneae, Orthoptera (11 = 11,95%), Isoptera (4 = 4,34%), Acarina (2 = 2,17%), Symphyla (2 = 2,17%) e (1 = 1,08%) Pauropoda (Tabela 2). Segundo os dados da pesquisa realizada, a família Formicidae da ordem Hymenoptera obteve o maior número de indivíduos, (54 = 58,73%), e média de ($\bar{X} = 0,58$) por metro quadrado, e a menores médias de animais foi de Acarina e Symphyla com (0,02) por metro quadrado.

Tabela 2 – Dados quantitativos de pedofauna capturada no Parque Ambiental Adhemar Monteiro.
Paragominas - PA

Ordens identificadas	<i>fi</i>	<i>fr (%)</i>	$\bar{X}$
Acarina	2	2,17	0,021
Araneae	19	19,56	0,204
Isoptera	4	4,34	0,043
Orthoptera	11	11,95	0,118
Pauropoda	1	1,08	0,012
Hymenoptera	54	58,73	0,58
Symphyla	2	2,17	0,022
Total	93	100	1

Fonte: autores (2018).

Em relação ao número de indivíduos os dados obtidos indicaram que à escassez no local pertencente à pedofauna, principalmente da ordem Acarina (2,17%) e Symphyla (2,17%), indica que a área sofreu ação antrópica. A pesquisa realizada por Pereira Júnior (2011), em Aurora do Pará, Fazenda Tramontina, indicou que, quando há pouca variedade de animais invertebrados em uma determinada área, possivelmente está relacionada a escassez nutricional, ou ao processo de adaptação ao nutriente ofertado, ou ainda a “habitats” diferentes.

Observou-se que o maior número de indivíduos é da ordem Hymenoptera. Segundo Peixoto *et al.* (2010), isto pode ser explicado pelo fato dos invertebrados constituem cerca de 84% da biomassa animal do planeta, sendo as formigas (Hymenoptera: Formicidae) uma presença marcante em grande parte dos ecossistemas terrestres. Além de fazer ciclagem dos nutrientes do solo.

A VEGETAÇÃO

A vegetação predominante na área estudada é herbácea. Quanto as áreas adjacentes, é formada por floresta secundária, com o dossel espaço e escasso, uma das espécies encontradas foi a Acácia Amarela — *Cassia fistula* (Figura 6), ela estava em processo de floração e situada no sentindo sudoeste do Parque Ambiental Municipal Adhemar Monteiro.

Figura 6 – Acácia Amarela - *Cassia fistula*

Fonte: autores (2018).

Estudo efetuado por Paula *et al.* (2015) concluiu que a espécie *Cassia fistula* pode ser utilizada como indicadora das características físicas e químicas do solo, pois, apresenta alta tolerância a acidez e à compactação, com pouca necessidade nutricional, portanto, proporciona para a camada orgânica (serapilheira) de baixa relação (carbono e nitrogênio), com isso, contribui na ciclagem de nutriente para a superfície degradada.

UMIDADE RELATIVA DO AR VERSUS VELOCIDADE DO VENTO

A análise dos dados quanto à correlação da umidade relativa do ar e velocidade do vento, indicou relação de caráter moderado e fraca ($r = 0,48$), ou seja, estas variáveis dependem uma da outra de forma moderada.

Figura 7 – Correlação entre umidade relativa do ar e velocidade do vento Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Segundo Teixeira (2010), o deslocamento do ar ocorre precisamente pelo acúmulo de vapor d'água na atmosfera de forma que essa massa de ar úmida ocupa a camada de ar seco na atmosfera. Neste sentido, as dinâmicas dessas variáveis estão interligadas, para origem e velocidade dos ventos.

UMIDADE RELATIVA DO AR VERSUS TEMPERATURA DO AR.

Quanto a correlação entre a variável, umidade relativa do ar e temperatura °C, há uma correlação moderada entre eles no intervalo de 23°C e 38°C (Figura 8).

Figura 8 – Correlação entre umidade relativa do ar e temperatura Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados obtidos indicou forte correlação ($r = 0,77$) entre umidade relativa do ar e temperatura. Nesse sentido, a pesquisa realizada por Alves (2012), em Maringá, concluiu que a interferência da temperatura na quantidade de vapor d'água presente na atmosfera, pois, quando se eleva as moléculas de água se separam. Na pesquisa realizada em Paragominas, foi verificado que quanto maior a temperatura (40) menor e a umidade relativa do ar.

TEMPERATURA E A VELOCIDADE DO VENTO

Quanto a interação entre parâmetros ambientais como, por exemplo, temperatura do ar e velocidade do vento, os dados obtidos e analisados indicaram que entre ambos, há uma grandeza diretamente proporcional com significância média ($r = 0,557$) (Figura 9).

Figura 9 – Correlação entre velocidade do vento e temperatura Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Os dados obtidos das variáveis atmosféricas e velocidade do vento e temperatura, indicaram correlação intermediária, estas tendem serem exponencial e diretamente proporcionais e pode haver interferência do meio em que mantém esta dinâmica, como, por exemplo, rugosidade do solo, e ao grau de temperatura do ar próximo a superfície, além disso, se haver cobertura vegetal como é o caso do local onde foi realizada a pesquisa, o aspecto do vento retoma-se a partir de uma certa altitude (SOARES; BATISTA; TETTO, 2015).

CONCLUSÃO

A área estudada está sob condições adversas de antropismo, devido à carência de matéria orgânica para que os microrganismos possam suprir suas necessidades nutricionais e realizar a ciclagem de nutrientes pelo processo de mineralização da matéria orgânica, fator este, que explica o maior número de indivíduos da ordem Hymenoptera (58,73%), e as poucas da ordem Poupoda (1,08%).

Neste sentido, a vegetação predominante na área estudada são as herbáceas formadas por plantas do tipo gramínea, toda via, as áreas adjacentes são compostas por sub-bosques de florestas secundárias, o que dificulta circulação de vento no local, o que implica na elevação da temperatura no microclima do local analisado, contribui na diminuição da umidade relativa do ar.

REFERENCIAS

- ALVES, E. D. L; M, S. B. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de caso no campus de Cuiabá da universidade federal de Mato Grosso. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 5-16, jul./dez. 2012.
- BENATI, K. R *et al.* Influência da estrutura de hábitat sobre aranhas (Araneae) de serrapilheira em dois pequenos fragmentos de mata atlântica. **Neotropical Biology and Conservation**. 39-46, jan./abr. 2010.
- CORDEIRO, I. M. C. C. *et al.* Nordeste Paraense panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: Edufra, 2017.
- FREITAS, E. C. S. *et al.* Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.3, p. 409-417, jan./mai. 2013.
- GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora Da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- KATO, D. S.; MARTIS, L. A. P. A. “sociologia de plantas”: Arthur George Tansley e o conceito de ecossistema (1935). **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 189-202, jul./dez. 2016.
- MOSS, G. MOSS, M. Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro. **Caderno do professor**, Brasília, 2015.
- PAULA, P. D. et al. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* E *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 791-800, jul./set. 2015.
- PEIXOTO, T. S *et al.* Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 4, n. 1, p. 1-10, jan./jun, 2010
- PORTO, M. L.; JESUS, E. S.; PEREIRA JUNIOR, A. Análise das tendências nas relações entre fluxo de veículos, arborização e os níveis de intensidade de ruído. **Revista ecologia e nutrição florestal**, Santa Maria, v. 5, n 3, p.87-97, set./dez. 2017
- RAMOS, M. G. O.; AZEVEDO, M. R. Q. A. Definição de ecossistemas. Natal. 2010.
- SILVA, L. N.; Atanásio A. A. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 108 – 115, dez, 2013.
- TEIXEIRA, A. H. C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Brasília: Embrapa Semiárido, 2010.

VALLADARES, G. S.; BATISTELLA M.; PEREIRA M. G. Alterações ocorridas pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Revista Solo e Nutrição de Plantas**, Campinas, v. 70, n. 3, p.631-637, dez. 2010.

João Paulo Sousa da Silva

Graduando do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
engenheipaulo123@gmail.com

Felipe da Silva Sousa

Graduando do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
Felipesousa440@gmail.com

Felipi Costa Fausto

Graduando do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
felipifausto19@gmail.com

Felipe Daniel Souza Cavalcante

Graduando do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
daniel_souzac@hotmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 14 -

A INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO SOBRE PARÂMETROS BIÓTICOS E FÍSICOS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP

Sara Dorea de Oliveira Santos; Andreza Silva e Silva; Luana Lima Souza; Ronilson Rosário Lobo.
Antônio Pereira Júnior.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-14

INTRODUÇÃO

O crescimento da degradação ambiental no Brasil é resultado de mudanças artificiais e perturbações no meio ambiente provocadas pela ação antrópica. Dessa forma, a urbanização tem uma relação direta com esse crescimento da assolação ambiental, por implicar na concentração de pessoas e de atividades produtivas sobre um espaço restrito, o que ocasiona impactos degradadores com efeitos sinérgicos e persistentes (JATOBÁ, 2011; LEVINO; MORAIS, 2009).

Quanto a compreensão de impacto ambiental, a Resolução CONAMA n. 001:1986 define o termo como qualquer alteração nos atributos físicos, químicos e biológicos do ambiente, sejam as tais provocadas por alguma forma de matéria ou energia, que tenha resultado da interferência antrópica no meio. Desta forma, estas alterações no meio podem afetar desde a saúde da população, como também, a segurança e o bem-estar da mesma, além de ser prejudicial também às práticas sociais e econômicas; ao equilíbrio da biota; às circunstâncias estéticas e sanitárias do ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Ademais, a necessidade de desenvolvimento da sociedade propõe um modelo de apropriação do espaço geográfico por meio da utilização de seus recursos naturais, dessa forma, analisar os impactos ambientais em áreas urbanas é de fundamental importância à elaboração, o progresso e o ordenamento das cidades. Essa crescente demanda por espaço físico propicia a ocupação desordenada e sem elaboração de áreas que deveriam servir como suporte à preservação ambiental, como as margens de córregos e rios consideradas Áreas de Preservação Permanente – APP (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016).

Dessa forma, as APP's situadas dentro do perímetro urbano merecem defesa proteção especial quando estiverem pressionadas pela expansão urbanísticas das áreas do entorno. Destaca-se a relevância de tais áreas devido estas ofertarem condições apropriadas à interação de componentes bióticos e abióticos, para que assim sejam executadas funções ecológicas determinantes à constância de variadas formas de vida, ou seja, as APP's desempenham papéis ambientais indispensáveis para a evolução de processos ecológicos essenciais (VARJABEDIAN; MECHILA, 2013).

Outrossim, para aferir o grau do dano ambiental de cada impacto faz-se necessário a avaliação de impacto ambiental, a qual consiste no reconhecimento e na estimativa das consequências futuras de uma ação ou proposta impactante. Ainda assim, o termo também é considerado uma abordagem sistemática, utilizada na identificação e avaliação dos impactos positivos e negativos, que podem surgir a partir da implementação de projetos, planos, programas ou políticas sobre o meio ambiente, contemplando seus componentes físicos, biológicos e socioeconômicos (GILBUENA, *et al.*, 2013; SÁNCHEZ, 2013; SANTOS, 2013).

Em síntese, quais as consequências desencadeadas a partir do avanço da urbanização sobre áreas de preservação permanente? Com base neste questionamento justifica-se a presente pesquisa, a qual relaciona os parâmetros ambientais para descrever o cenário do entorno de um corpo hídrico, bem como estabelecer o grau de dependência entre tais parâmetros. Dessa forma, a relevância deste estudo está em expor como um processo de ações antrópicas interfere no equilíbrio de um ecossistema, por isso, o objetivo deste estudo é analisar a influência do processo de urbanização sobre as características naturais dos meios biótico e físico em uma Área de Preservação Permanente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os equipamentos utilizados para aquisição de dados *in loco* foram cedidos pelo laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade do Estado do Pará – *Campus VI* Paragominas (Tabela 1).

Tabela 1 - Relação de materiais utilizados para adquirir dados *in loco*.

Equipamentos	Marca	Modelo	Utilidade	Unidade
Anemômetro	Squiser	S30	Mensuração do vento	m/s
Decibelímetro	Sound level meter	Itdec 3000	Aferir o nível sonoro	dB
GPS	Etrex	10S	Demarcar a geolocalização	Graus/minutos/segundos
Luxímetro	Instrutemp	ITLD 280	Mensurar a intensidade da Luz	

Fonte: autores (2018).

Quanto aos equipamentos para coleta de dados *in loco* foram utilizados: 1 anemômetro (Figura 1a), para aferir a velocidade do vento; 1 decibelímetro (Figura 1b), para verificar a intensidade do ruído na área; 1 *Global Positioning System* – GPS (Figura 1c) e 1 luxímetro (Figura 1d) para conferir a luminosidade na área.

Figura 1 - Equipamentos utilizados para mensuração de dados *in loco*. A) Anemômetro; B) Decibelímetro, C) GPS e D) Luxímetro.

Fonte: autores (2018).

Ainda para adquirir os dados *in loco* foram usados instrumentos, dentre os quais:

- 1 biruta (Figura 2a) (um arco metálico com extremidade para encaixe na haste metálica e tecido leve) e 1 suporte de 2 m de comprimento, para auxiliar a identificar a direção do vento;
- 3 bússolas (Figura 2b), as quais serviriam para indicar a o sentido do vento;
- 4 diastímetros (50 m, 50 m, 30 m e 20 m) (Figura 2c), para delimitar o perímetro a ser analisado, auxiliar a definir a metragem de terra firme às margens do rio, auxiliar a definir a largura do rio e auxiliar a medir a circunferência das árvores lenhosas que estavam no perímetro demarcado ou áreas adjacentes;
- 3 réguas limnimétricas (3 m, 2,10 m e 2,10 m) (Figura 2d), para aferir as profundidades do rio e da margem do rio.

Figura 2 - Instrumentos auxiliares na obtenção de dados in loco. A) Biruta e suporte para a biruta; B) Bússola, C) Diastímetros e D) Suporte para biruta e Régua limnimétrica.

Fonte: autores (2018).

Ainda foram utilizados materiais como:

- 1 galão de material plástico de 20 L (Figura 3a), para captar água em um determinado tempo;
- 1 proveta de polietileno, com volume igual a 1000 ml (Figura 3b), para determinar a quantidade de água que foi captada e, assim, estimar o volume de água;
- 4 facões, de 20 cm de lâmina (Figura 3c), para retirar o excesso de folhas presentes no percurso dentro do perímetro a ser estudado.

Figura 3 - Instrumentos utilizados para análise de dados in loco. A) Galão de 20 l e proveta de 1000ml, B) Proveta de 1000 ml e C) Facão.

Fonte: autores (2018).

Quanto ao método empregado nesta pesquisa foi utilizado o dedutivo, conforme sintetizado por Prodanov e Freitas (2013), uma vez que por intermédio de duas premissas, **1)** as áreas de mata ciliar ao entorno dos corpos hídricos são essenciais à manutenção de tal recurso, bem como à fauna existente nele; **2)** há uma grande expansão das construções civis no local da área de estudo, chegou-se a uma conclusão: a expansão das construções civis ao entorno do rio Prainha diminuem a área que seria para mata ciliar e, por conseguinte, diminui a capacidade de manutenção do rio. Em relação à pesquisa, a abordagem é quantiquantitativa, com natureza aplicada e objetivo com caráter explicativo. Quanto aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como pesquisa experimental.

Esse método foi complementado pelo levantamento de dados documentais, cujo recorte temporal situou-se entre 2009 e 2018, pois, os últimos 5 anos de trabalhos recentes disponibilizaram informações mais atuais e específicas que proporcionaram embasamento teórico para uma melhor avaliação de impacto ambiental.

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

A área em que foi realizada a pesquisa é o município de Paragominas, fundado em 1965 (Lei nº 884/2015), o qual situa-se às margens da rodovia Belém – Brasília (BR-010), a 320 quilômetros da cidade de Belém, com as coordenadas geográficas 02°59'08" S e 47°19'57" W e com altitude média de 89 m. Além disso, Paragominas possui uma área de aproximadamente 1,93 milhões de hectares (1,5% da superfície do Pará) e abriga uma população de quase 103.775 mil habitantes (IBGE, 2013).

Ademais, Paragominas apresenta o clima do tipo quente e úmido, com temperatura média anual de 26° C, pluviosidade média anual de 1.800 milímetros e umidade relativa do ar média de 81%. O município é caracterizado por um período mais chuvoso, entre os meses de dezembro a maio, e os meses de junho a novembro são caracterizados por apresentarem baixa disponibilidade hídrica. Além disso, os principais rios na região são os Capim e Gurupi, como também seus tributários de menor porte, a exemplo, o Rio Cauaxi, o Rio Candiru-Açu e o Potiritá, afluentes do Rio Capim, além dos Rios Piriá e Urim, afluentes do Rio Gurupi (INMET, 2013; LIMA *et al.*, 2017).

ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o estudo está situada no perímetro próximo as margens do rio Prainha, localizado no Bairro Promissão, Paragominas – PA (Figura 4). A descrição da área observada pelo grupo da pesquisa apresenta fortes indicativos do crescimento da urbanização, com números relevantes de domicílios próximos ao entorno do rio. A área próxima ao rio apresenta vegetação rasteira, arbórea e lenhosa, no decorrer do curso do rio e, o trecho analisado contém via asfáltica.

Figura 4 - Mapa político-geográfico de localização da área de estudo. Paragominas – PA.

Fonte: Pereira (2018).

Quanto a delimitação do perímetro a ser estudado no entorno do rio, primeiramente foi estabelecido o comprimento de 10,40 metros para demarcação dos pontos e formação de uma área a

ser estudada, após a marcação do primeiro ponto os demais pontos foram marcados de acordo com o sentido horário (Tabela 2).

Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos pontos demarcados para área de estudo. Paragominas – PA.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
P ₁	02°59' 38,4''	47°21' 10,4''	70 m
P ₂	02°58'38,3''	47°21' 10,7''	69 m
P ₃	02°58' 37,9''	47°21' 10,7''	74 m
P ₄	02 58'38,0''	47°21'10,3''	78 m

Fonte: autores (2018).

Ainda em relação à área de estudo, esta localiza-se na rua Bujaru, situada no bairro Promissão, Paragominas – PA. Quanto a delimitação da área, esta se fez necessário para facilitar a coleta de dados referente a mensuração da velocidade do vento, ao ruído, a luminosidade e a recolha de água, para, posteriormente, mensuração da vazão do corpo hídrico presente no local.

A área de estudo do grupo foi dividida em quatro pontos (P₁, P₂, P₃ e P₄) nos quais foram utilizados os instrumentos e equipamentos para obter os valores do ruído, velocidade, temperatura e luminosidade. Ainda assim, a distância entre cada ponto é de 10,40 metros e a seção entre os pontos foi dividida em três partes (A, B e C), de 3,46 metros. Assim, o primeiro trecho (P₁-P₂) foi dividido em A₁, B₁ e C₁ e, em cada subdivisão coletado os dados para ruído, velocidade, temperatura e luminosidade e, assim realizado as coletas nos demais trechos da área.

COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados mediante três aulas práticas: 1º dia , 2º dia e 3º dia (Tabela 3), no bairro Promissão, com a finalidade de aferir as variáveis velocidade do vento, temperatura atmosférica, ruído, luminosidade na área delimitada a ser estudada e, em trechos do percurso do rio, no qual foi coletado amostras de água na margem e no corpo hídrico para cálculo da vazão.

Tabela 3 - Distribuição das coletas de dados *in loco*. Paragominas – PA.

DIAS DA VISITA	DATA	HORÁRIOS		DESCRIÇÃO
		CHEGADA	SAÍDA	
1º DIA	19/03/2018	15h15	15h25	Delimitação dos pontos no perímetro estudado e medição da luminosidade.
2º DIA	20/03/2018	13h53	14h05	Coleta de água para mensuração da vazão do rio, demarcação dos pontos para aferir a profundidade; temperatura atmosférica, velocidade do vento, luminosidade e medição da largura do rio.
3º DIA	21/03/2018	14h06	17h10	Verificação da circunferência das árvores, do ruído, temperatura atmosférica, velocidade do vento, coleta de água para cálculo da vazão na margem do rio e mensuração da profundidade do rio.

Fonte: autores (2018).

CÁLCULO DO DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP)

Para cada árvore presente na área de estudo foi registrada a circunferência a altura do peito - CAP, para posterior cálculo do diâmetro a altura do peito (DAP). Assim, de acordo com Arantes (2015), para o cálculo do DAP utiliza-se a medida da circunferência aferida *in loco*, empregou-se a Equação 1.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

em que:

DAP: Diâmetro a Altura do Peito (medido a 1,30m) em cm;

CAP: Circunferência do tronco da árvore, em cm;

$\pi = 3,1416$

CONVERSÃO DE UNIDADE LUX PARA W/M²

A conversão da unidade de medida convencional fornecida pelo equipamento utilizado, o luxímetro, é o LUX (Lx), tal medida foi convertida para a unidade W/m², com o uso da Equação 2 (MINNAERT; VEELAERT, 2010).

$$1 \text{ LUX} = 1 \text{ Lúmen} = \frac{1}{683} \text{ W/m}^2 \quad (2)$$

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel 2013 e BioEstat 5.3, foi empregado a estatística descritiva, pois, pretendia-se simplificar os dados adquiridos. Em relação ao meio sócio econômico, houve a aplicação de formulários na comunidade que residem no entorno do rio, tais formulários foram aplicados em meio um diálogo informal com os moradores do entorno da APP, o que os permitiu ter total liberdade para expor suas opiniões e anseios quanto aos aspectos ambientais questionados (AYRES *et al.*, 2007; FIGUEIREIDO; DALSON; SILVA, 2009).

Para as correlações estatísticas utilizou-se gráficos de dispersão e de acordo com os valores de coeficiente de Pearson - r e a respectiva classificação (Tabela 4). O coeficiente de Pearson permite uma análise entre a relação de dependência entre fatores distintos (FIGUEIREIDO; SILVA, 2009).

Tabela 4 - Correlação de Pearson

Correlação de Pearson - r	Relação
0.10 - 0.30	Fraca
0.40 - 0.60	Moderada
0.70 - 1.0	Forte

Fonte: autores (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MEIO BIÓTICO

Em relação à vegetação contida na área de estudo, esta é composta de poucas espécies arbóreas, dentre as quais, com predominância de espécies lenhosas, e também por herbáceas. As herbáceas servem como uma camada protetora para o solo, logo, evitam que ocorra processos

erosivos e auxiliam na recuperação do solo onde estão situadas. Além disso, criam condições favoráveis na superfície para que outras espécies sejam introduzidas e, assim, proporcionam uma base favorável para restauração ou manutenção do ecossistema.

Figura - 5 espécies presentes no perímetro analisado: a) Cajarana (*Spondias mombin* L.); b) Bananeira (*Musa* sp.); c) Laranjeira (*Citrus* spp.). Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Ainda a respeito da vegetação do local, verificou-se a presença de espécies lenhosas, dentre as quais destaca-se a laranjeira (*Citrus* spp. L. Osbeck), bananeira (*Musa* spp.), a mangueira (*Mangifera indica* L.), a cajarana (*Spondias mombin* L.) e a Embaúba (*Cecropia* spp. Löffling). Tais espécies encontravam-se distantes uma das outras, a não ser pela expressiva presença de palmeiras (*Arecaceae* spp.). próximas, como a formar fileiras. Dessa forma, devido ao espaçamento entre as espécies lenhosas, haviam áreas que recebiam intensa radiação solar, o que, por conseguinte, de acordo com Santos *et al.* (2012) oferece uma adequada atividade fotossintética à comunidade vegetal.

Dentre as espécies lenhosas identificadas na área de estudo foi calculado o DAP (Tabela 4) para poder avaliar o crescimento da vegetação. Segundo o estudo de Souza *et al.* (2016), o número de indivíduos nas classes de diâmetro que vão de 12,5 cm a 32,5 cm, ocorre devido muitas espécies terem sido plantadas no local após o crescimento urbano, e que os indivíduos de diâmetro maiores, são árvores antigas já existentes na localidade.

Tabela 6 - Nome científico e DAP das espécies lenhosas no perímetro estudado e áreas adjacentes. Paragominas – PA.

Espécie vegetal	Nome científico	Diâmetro a Altura do Peito (DAP)
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	29,28 cm
Cajarana	<i>Spondias mombin</i> L.	20,69 cm
Cajarana	<i>Spondias mombin</i> L.	29,60 cm
Embaúba	<i>Cecropia</i> spp. Löffling	27, 37 cm

Fonte: autores (2018).

Embora houvesse a presença das espécies vegetais citadas, para uma área de mata ciliar a presença de vegetação no local é considerada escassa, e a diminuição dessa comunidade vegetal influencia fatores como os microclimas urbanos. De acordo com o estudo de Alves e Biudes (2012), a comunidade vegetal atua como filtro ou barreira para a luminosidade, dessa forma com uma menor incidência solar haverá o controle da temperatura, da umidade relativa do ar, da velocidade do vento e, por conseguinte, da formação de chuvas. A medida que a vegetação é primordial para a formação das chuvas, a mesma também ameniza os efeitos da precipitação sobre o solo, ou seja, a vegetação atua tanto em funções de importância macro (formação de chuvas) como micro (controle de processos erosivos no solo) no ambiente.

A PRESENÇA DE POLINIZADORES

No local de estudo, notou-se a presença de resíduos sólidos de construção civil (RCC) e doméstico no perímetro analisado. Contudo, a área apresentava significativa existência de insetos polinizadores, como as borboletas, (Lepidoptera – Figura 6a) e libélulas (Odonatas – Figura 6c). Tais presenças são características específicas, as quais permitem inferir sobre a possível qualidade do ambiente, pois, de acordo com o estudo de Macena (2011), a polinização é fator importante não somente para a reprodução das plantas, mas também para a manutenção da rede de interações animais e vegetais, o que caracteriza como serviço de ecossistema básico.

Ademais, as libélulas (*Odonatas*) são comumente utilizadas como indicadores da qualidade do ‘habitat’ e na avaliação de impactos ambientais, uma vez que as comunidades de Odonatas podem ser alteradas por modificações das variáveis nos ecossistemas como presença de vegetação marginal, temperatura do ar, concentração de poluentes na água, correnteza e vazão no corpo hídrico (SILVA, 2010; JUEEN; MARCO, 2011).

Figura 6 - Presença de Bioindicadores no perímetro analisado. a) Presença de Lepidópteras no perímetro analisado; b) Presença de Joaninha (Coccinelídea); c) Presença de Odonatas. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

AS CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Em relação ao solo no entorno do curso hídrico, este possuía elevada quantidade de matéria orgânica em decomposição, em decorrência das espécies frutíferas que estão presentes nas áreas adjacentes do perímetro de estudo, como a mangueira (*Mangífera Indica*). Em alguns trechos do terreno verificou-se coveamentos rasos e mudas recém-plantadas (Figura 7), também apresentava declividade acentuada nas áreas próximas a margem do rio.

Figura 7- Características do solo no perímetro analisado. a) Presença de matéria orgânica; b) Presença de covas para plantação de mudas; c) Presença de vegetação rasteira. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Quanto ao perímetro da margem do corpo hídrico (Figura 8) percebeu-se que o local apresentava uma grande quantidade de macroalgas adsortivas e macrófitas superficiais ao extremo do rio, além disso, verificou-se que a largura da margem era maior em alguns trechos, e nestes continham a formação de bancos de areia. Tais condições foram resultado do processo de assoreamento sofrido pelo rio e acúmulo de resíduos urbanos à extremidade do mesmo.

Figura 8 - a) Presença de macrófitas na margem do rio; b) Formação de bancos de areia; c) Largura do rio. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

MEIO FÍSICO

Referente aos parâmetros mensurados no ponto **P₁** observou-se uma tendência à evolução das variáveis ruído, velocidade do vento e temperatura conforme evolução do fator luminosidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Fatores abióticos mensuradas na área pesquisada. Paragominas – PA.

P ₁	Unidades	A ₁	B ₁	C ₁	Média
Ruído	dβ	52	50,5	51,2	51,23
Velocidade do vento	m/s	1,2	0,6	0,8	0,866
Temperatura	°C	36,2	36,5	36,0	36,23
Luminosidade	W	6,04	3,11	4,22	4,46

Fonte: autores (2018).

A interação entre os parâmetros ambientais mensurados: temperatura versus velocidade do vento (Figura 9a); ruído versus velocidade do vento (Figura 9b) e velocidade do vento e luminosidade (Figura 9c) permitiu analisar a relação de dependência entre tais fatores.

Figura 9 – Valores médios encontrados para: a) temperatura e velocidade do vento; b) ruído e velocidade do vento; c) velocidade do vento e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A análise dos dados indicou que a interação entre temperatura e velocidade do vento ($r = 0,43$) é de caráter diretamente proporcional e de grau moderado. No que se refere a tal relação, o estudo de Rolim *et al.* (2013) na lagoa Mangueira situada entre as cidades Santa Vitória do Palmar e Rio Grande – RS, destacou a relação entre a temperatura e a velocidade do vento, no qual percebeu-se que a presença de ventos fortes, ocasionou elevadas variações na temperatura superficial no ecossistema lêntico. No corpo hídrico do presente estudo, no município de Paragominas – PA, os dados obtidos permitiram averiguar que, os baixos índices da velocidade do vento (1,2 m/s; 0,6 m/s; 0,8 m/s) não interferiram na amenização da temperatura (36,2 °C; 36,5 °C; 36,0 °C) para o ponto **P1**.

Os aspectos obtidos também permitiram averiguar, que a relação entre ruído e velocidade do vento é linear negativa de grau moderado ($r = 0,52$), com médias para o ruído e velocidade do vento de 51,23dB e 0,86 m/s, respectivamente.

O estudo de Dias (2012) efetuado na cidade de Porto – Portugal, acerca do som e ruído em jardins urbanos, afirma que, a velocidade da propagação do som varia de acordo com a velocidade e direção do vento, ou seja, dependendo da direção em que as ondas sonoras são emitidas em relação a velocidade do vento, esta pode ser propagada por um longo período no meio ou ser dissipada rapidamente, logo, o ruído é diretamente proporcional a velocidade do vento. No local de estudo, bairro Bujaru, Paragominas – PA, os dados obtidos acerca do ruído e da velocidade do vento permitem inferir que, conforme houve variação da velocidade do vento, simultaneamente, houve variação para os índices de ruído, uma vez que para o maior valor para velocidade do vento (1,2 m/s) registrou-se maior índice de ruído (52 dB), o que corrobora com a pesquisa de Dias (2012).

Quanto à interação entre Temperatura e luminosidade, a relação entre estas caracteriza-se como negativa e moderada ($r = 0,47$), ou seja, no ponto analisado a luminosidade não exerceu elevada

influência sobre o fator temperatura, visto que, a máxima temperatura registrada ($36,5^{\circ}\text{C}$) não correspondeu ao maior índice de luminosidade ($3,11\text{W/m}^2$).

A relação moderada entre a temperatura e luminosidade está em desacordo com o estudo de Santos, Seabra Junior e Nunes (2010) no município de Cáceres – MT, pois os resultados do estudo indicaram que a temperatura sofre influência direta da luminosidade, uma vez que os ambientes que estavam expostos a uma maior incidência luminosa exibiram maiores temperaturas do ar, em ambientes abertos e, em ambientes cobertos a atenuação da temperatura foi proporcional à diminuição da incidência luminosa. Em Paragominas – PA, observou-se que a alta temperatura ($36,5^{\circ}\text{C}$) ocorreu para o menor índice de luminosidade ($3,11\text{W/m}^2$), o que não condiz com a explicação do estudo citado, e pode ter ocorrido devido à presença de alguma espécie arbórea na proximidade em que foi realizada a mensuração.

Quanto aos fatores aferidos no ponto **P₂** (Tabela 7), verificou-se que não houve elevada variação entre os valores obtidos para ruído, velocidade do vento, temperatura e luminosidade em relação aos valores obtidos no ponto **P₁**.

Tabela 7 – Fatores abióticos mensurados na área pesquisada. Paragominas – PA.

P₂	Unidades	A₂	B₂	C₂	Média
Ruído	dβ	51,4	51,8	52,5	51,9
Velocidade do vento	m/s	1,0	1,1	0,4	0,83
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	37	36	37	36,33
Luminosidade	w/m^2	6,04	6,04	6,07	6,04

Fonte: autores (2018)

Por meio dos dados adquiridos fez-se a correlação dos fatores temperatura e velocidade do vento (Figura 10a); ruído e velocidade do vento (Figura 10b); temperatura e luminosidade (Figura 10c) para atestar o grau de dependência entre estes, uma vez que o ponto **P₂** situava-se próximo a algumas espécies arbóreas, buscou-se verificar se tais espécies interferiam nos parâmetros analisados.

Figura 10 – Valores médios mensurados para: a) temperatura e luminosidade; b) ruído e velocidade do vento; c) temperatura e luminosidade.

Fonte: autores (2018).

A apuração dos dados apontou que o grau de dependência entre temperatura e velocidade do vento ($r = 0,61$) é moderada e com tendência negativa, pois a medida que há aumento na velocidade há diminuição da velocidade do vento.

De acordo com o estudo de Gomes e Lamberts (2009) no município de Montes Claros - MG, a velocidade do vento é reduzida em áreas urbanas quando comparada a ambientes rurais e, a ação do vento pode auxiliar na configuração climática urbana, propiciando ar fresco e refrigerado, ou contribuindo para a formação de ilhas de calor pela permuta de energia térmica por convecção. Os dados obtidos no ponto **P₂** para temperatura e velocidade do vento em Paragominas – PA, permitiram inferir que a baixa velocidade do vento pode estar relacionada a predominância de residências no local de estudo, o que dificulta a movimentação das massas de ar, no entanto, o atrito destas nas estruturas residenciais propicia a troca de calor por convecção, o que pode favorecer a formação de ilhas de calor na área.

Quanto a relação entre ruído e velocidade do vento ($r = 0,87$) esta configura-se como uma correlação forte, uma vez que há expressiva diminuição do índice do ruído com o aumento da velocidade.

Os dados permitem inferir que a reação entre o ruído e a velocidade do vento é inversamente proporcional, mas a diminuição na propagação do ruído no local em que este foi mensurado, pode estar relacionado a outros fatores, além da ação dos ventos. Conforme é explicado pelo estudo de Dias (2012) na cidade do Porto - PT, a interação do vento com outros parâmetros como a temperatura e a umidade do ar podem interferir na propagação do ruído, a exemplo, quando as massas de ar estão mais quentes há uma maior propagação do ruído. Em Paragominas – PA, no local de estudo, as temperaturas elevadas podem ter elevado a temperatura das massas de ar, e, por conseguinte, propiciado condições para elevação dos índices de ruído no meio.

Em relação a interação entre temperatura e luminosidade, esta enquadra-se como moderada ($r = 0,5$) e diretamente proporcional, pois constatou-se que conforme há aumento no índice luminosidade também há elevação nos índices da temperatura. De acordo com a força da correlação fica constatado uma relação de dependência entre os fatores temperatura e luminosidade, pois, a atuação destes configura a desagradável sensação térmica do local de estudo.

Consoante estudos (Lamberts et al., 2011; Oliveira; Alves, 2013; Santos et al., 2012), realizado nos estados de Santa Catarina e, nas cidades de Iporá – GO e em João Pessoa – PB, respectivamente, a temperatura pode variar por fatores como a taxa de cobertura vegetal, luminosidade ou até mesmo a intensidade dos ventos, com atenção para o fator “presença da vegetação”, especialmente a arbórea, pois esta proporciona maior absorção da radiação eletromagnética proveniente do sol e, pode influenciar positivamente as condições de conforto térmico dos habitantes, principalmente se situadas próximos de áreas construídas. No entanto, no local de estudo, Paragominas – PA, em que foram mensurados tais parâmetro, a presença de vegetação arbórea, por exemplo, era escassa, fato que contribui para elevação da incidência solar na superfície e, consequentemente, da temperatura.

O estudo de Barbosa e Vecchia (2009) na cidade de São Carlos corrobora com a afirmação de que a presença de vegetação arbórea auxilia na amenização da temperatura urbana, pois, no estudo, as maiores máximas de temperatura (48,7°C) foram registradas em áreas urbanas como áreas de comércio, serviço e áreas livres, enquanto que as áreas com presença de vegetação as temperaturas registradas foram mais amenas (29,7°C).

A análise dos fatores abióticos também foi realizada para o ponto **P₃** (Tabela 8) por meio da mensuração dos parâmetros ruído, velocidade, temperatura e luminosidade.

Tabela 8 - Fatores abióticos mensurados na área pesquisada. Paragominas – PA.

P ₃	Unidades	A ₃	B ₃	C ₃	Média
Ruído	dβ	51,6	56,0	51	52,8
Velocidade do vento	m/s	0,5	1,2	1,4	3,1
Temperatura	°C	37,5	37	36	36,83
Luminosidade	W/m ²	6,04	6,04	6,07	6,05

Fonte: autores (2018).

Por meio da correlação entre os fatores abióticos: temperatura versus velocidade do vento (Figura 11a); ruído versus velocidade do vento (Figura 11b); luminosidade versus velocidade do vento (Figura 11c) verificou-se o grau de dependência entre tais parâmetros.

Figura 11 – Valores médios mensurados para os fatores: temperatura e velocidade do vento; ruído e velocidade do vento; temperatura e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A correlação dos parâmetros ambientais velocidade do vento e temperatura configurou-se como forte ($r = 0,98$) e diretamente proporcional. Acerca dessa interação, foi efetuado um estudo de revisão bibliográfica, por Lamberts et al. (2011). Nele, os autores concluíram que o elevado grau de correlação entre tais parâmetros, é resultado da influência que as massas gasosas exercem sobre a temperatura atmosférica. Em outro estudo, contido no livro denominado “Ambiência Urbana” escrito por Mascaró, L e Mascaró J. (2009), esses autores afirmam que a ocorrência de ventos em áreas com presença de vegetação interage de forma a amenizar a variação da temperatura e da umidade relativa do ar. Em Paragominas, a partir da análise dos dados obtidos, constatou-se que a velocidade do vento exerceu influência para amenizar a temperatura próximo a superfície para o ponto P₃, uma vez que, conforme houve aumento no índice de velocidade do vento (0,5; 1,2; 1,4 m/s) houve diminuição nos valores de temperatura (37,5; 37,0; 36,0 °C), respectivamente.

Quanto a análise da correlação das variáveis ruído e velocidade do vento ($r = 0,17$), esta caracteriza-se como fraca, logo, para o ponto analisado a velocidade do vento não exerceu grande influência na dissipação da energia sonora. No que tange a correlação entre tais variáveis, as elevadas médias registradas (52,8 dβ e 1,03 m/s) devem estar relacionadas à escassez de árvores no local. Acerca da escassez arbórea, foi realizada uma pesquisa por Cabral (2013). Nela, os dados obtidos

indicaram que o ruído e a velocidade do vento estão correlacionados à presença de vegetação no ambiente, uma vez que esta reduz a velocidade do vento e absorve ruídos, o que proporciona um equilíbrio ambiental e, evita o cenário de poluição sonora em ambientes urbanos. Na pesquisa realizada em Paragominas observou-se que a parca vegetação na área de estudo favorece a dissipação do ruído, uma vez que não há vegetação suficiente para atuar como barreira acústica no local e, assim, os índices de ruído variam de acordo com fatores como a velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura.

Em relação a interação entre temperatura e luminosidade, esta enquadra-se como forte ($r = 0,99$, e permite inferir que na área do ponto **P₂**, o índice de luminosidade exerceu maior influência sobre a temperatura. A influência da luminosidade sobre a temperatura é perceptível, pois, de acordo com dois estudos efetuados (1) por Giacomeli (2013), em São Carlos – SP, e (2) Martini *et al.* (2013), na cidade Curitiba – PR. No primeiro, o autor concluiu que, nas áreas com menor incidência solar, há diminuição da transformação da energia radiante em calor sensível, o que reduz os índices de temperatura no local e, em estruturas situadas no entorno. Já no segundo, a conclusão foi de que a variação de temperatura tem relação com a sensação térmica de cada local, esse fenômeno pode ocorrer por influência de diversos fatores abióticos como velocidade do vento e umidade relativa do ar. No estudo efetuado em Paragominas, foi verificado que dentre os parâmetros analisados, velocidade do vento e luminosidade, este último exerceu maior influência para aumento dos índices de temperatura, pois a medida que houve aumento no índice da luminosidade (6,04 W/m²; 6,07 W/m²) houve variação no índice de temperatura (37,5 °C; 36,0 °C).

Os dados obtidos para o ponto **P₄** (Tabela 9) para as variáveis ruído, velocidade do vento, temperatura e luminosidade possibilitaram estabelecer o grau de dependência entre tais parâmetros.

Tabela 7 - Fatores abióticos mensurados na área pesquisada, Paragominas – PA.

P₄	Unidades	A₄	B₄	C₄	Média
Ruído	dβ	52,00	50,90	51,30	51,40
Velocidade do vento	m/s	1,30	1,10	1,70	4,10
Temperatura	°C	36,50	36,40	37,00	36.63
Luminosidade	W/m ²	6,04	6,03	6,07	6,05

Fonte: autores (2018).

A correlação entre os parâmetros analisados, temperatura versus ruído (Figura 12a), luminosidade versus temperatura (Figura 12b), ruído versus luminosidade (Figura 12c), indica o grau de dependência entre tais parâmetros de acordo com o valor do coeficiente de Pearson.

Figura 12 – Valores médios mensurados para: a) temperatura e velocidade do vento. b) ruído e velocidade do vento; c) temperatura e luminosidade. Paragominas - PA

Fonte: autores (2018).

A partir da análise dos dados, constatou-se que a relação entre temperatura e velocidade do vento caracteriza-se como forte ($r = 0,98$) e diretamente proporcional, pois os maiores valores da velocidade do vento corresponderam aos maiores valores da temperatura.

De acordo com Gregory, Luiz Neto e Ribeiro (2018), no estudo realizado em Maceió – AL, a correlação entre temperatura e a velocidade do vento são parâmetros que influenciam diretamente no conforto térmico local, uma vez que o aquecimento das massas de ar influencia a velocidade e direção do vento, ou a ação dos ventos pode proporcionar o resfriamento de ambientes e amenização da temperatura. No local de estudo em Paragominas – PA, a interação entre tais fatores não foi significativa, pois, o maior índice registrado para velocidade do vento (1,7 m/s) correspondeu à máxima temperatura registrada (37 °C) no ponto **P4**, logo, a relação entre as variáveis no local de estudo não respeita o explicado pelos autores.

A relação entre ruído e velocidade do vento expressa um fraco grau de dependência entre tais fatores ($r = 0,17$) e uma tendência de crescimento positiva. Uma vez que a velocidade do vento não exerceu elevado grau de influência na propagação do ruído, outro fator pode ter contribuído para a elevação do ruído na área, como o fluxo contínuo de automóveis em vias próximas ao local de estudo. Este quadro apresenta-se no estudo de Lima e Carvalho (2010) em seu estudo efetuado no Centro de Mossoró – RN, como fator determinante para a elevação dos níveis de ruídos e a criação de um ambiente sonoro desagradável em áreas urbanas.

Quanto a interação entre temperatura e luminosidade, a relação entre estas configura-se como forte ($r = 0,99$) e diretamente proporcional. Tais fatores também são evidenciados no estudo de Santos et al. (2012), no qual afirma que a presença da vegetação no local acarreta na diminuição da incidência solar na superfície, pois, esta absorve parte da radiação eletromagnética emitida pelo sol, e ameniza a temperatura na superfície, uma vez que tal radiação não aquece as massas de ar das camadas inferiores. Dessa forma, a alta temperatura local é explicada pela diminuição da cobertura vegetal próximo à área de estudo, em virtude do avanço do processo de urbanização no bairro.

Após a análise comparativa dos principais fatores abióticos, fez-se a correlação entre os valores da vazão calculados para os pontos **P₁**, **P₂** e **P₃** demarcados no trecho do corpo hídrico na área de estudo (Figura 13).

Figura 13 – valores médios obtidos nos pontos **P₁**, **P₂** e **P₃**. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Quanto à média referente a vazão nos pontos demarcados no corpo hídrico, foi considerado o valor da vazão marginal, para mensurar a variação da vazão no meio do rio em relação a margem, pois, a vegetação presente as margens freiam parte da vazão e atua como uma “muralha vegetal”. A camada vegetal próxima ao ponto 1 indicou que a frenagem da vazão se dá de maneira extremamente eficiente pelas macrófitas.

Sobre o afloramento de macrófitas, foi efetuado um estudo por um estudo de Ferreira (2012) no município de Pinhais – PR. Esse autor concluiu que o afloramento das macrófitas podem estar relacionados à algumas mudanças no entorno do corpo hídrico, como o lançamento de esgoto doméstico no rio e disposição de resíduos sólidos próximo às margens do corpo hídrico, pois a presença dessas plantas aquáticas indica um aumento na quantidade de nutrientes na superfície do corpo hídrico.

CONCLUSÃO

O processo de urbanização de forma desordenada que ocorreu o crescimento urbano no bairro em que situa o trecho do rio exerceu sobre o meio biótico foi a supressão vegetal para a construção de unidades arquitetônicas residências e mistas (comercial e residencial), exclusivamente comerciais, uma vez que essa ação desencadeou uma série de alterações nos padrões naturais na APP, pois, houve a retirada da mata ciliar, alargamento da margem do rio, estreitamento do corpo hídrico, diminuição da vegetação arbórea, comprometimento da sobrevivência da fauna, uma vez que é escassa a presença de árvores frutíferas e, dessa forma, diminuição da diversidade biológica nessa área.

De acordo com os dados obtidos referentes aos fatores abióticos, a variável que mais sofreu alteração devido o avanço da urbanização em uma APP foi a luminosidade, com uma média de 5,65 W/m², em virtude da retirada expressiva da vegetação arbórea do entorno do corpo hídrico, o que propicia uma maior incidência da radiação solar na superfície o que eleva a temperatura do ar. Ademais, a luminosidade influencia diretamente os fatores velocidade do vento, por conseguinte, é o fator abiótico que mais influencia nas condições de conforto térmico da área.

Assim, é perceptível que o processo de urbanização interfere diretamente nas características do ecossistema natural do entorno do rio. Principalmente devido à baixa sensibilização ambiental da comunidade que habita na zona em que o mesmo se encontra, uma vez que há a disposição incorreta de resíduos sólidos em áreas próximas a margem do rio, como também a presença de RCC. Portanto, a principal interferência da urbanização em relação ao ecossistema foi a remoção da mata ciliar para a construção de residências, pois, assim, foi retirada a proteção natural do corpo hídrico.

SUGESTÕES DE MELHORIAS AO MEIO BIÓTICO, FÍSICO E SOCIOECONÔMICO

Com base nos dados apresentados neste trabalho, sugere-se algumas medidas para beneficiar a qualidade ambiental da área do entorno do rio Prainha. Desenvolver ações de educação ambiental e socioeducativas para os habitantes locais, a fim de desenvolver a sensibilidade ambiental e constituir indivíduos capazes de estabelecer ações de autonomia e coletividade, dessa forma, a mitigação dos impactos gerados pela urbanização e a disposição indevida de resíduos sólidos urbanos e domiciliares será mais eficaz.

Conservar as Áreas de Preservação Permanente-APPS, de forma a evitar a supressão da vegetação e o soterramento do perímetro da margem do rio, para que não comprometa as características do corpo hídrico, como a largura e a vazão do rio.

Implantar um projeto para uma rede coletora de esgoto à vizinhança, pois, assim não haverá despejos inadequado de resíduos domésticos no corpo hídrico. Com tal medida seria possível garantir melhores condições de saúde, evitar a contaminação da água e o risco de eutrofização do rio, e diminuir a proliferação de doenças transmitidas por vetores.

Fazer o monitoramento ambiental do corpo hídrico, de forma a examinar parâmetros pertinentes, que possibilitem caracterizar a água de acordo com as normas vigentes, a fim de avaliar as proporções das atividades humanas sobre os sistemas naturais. Tal ação é embasada pelo estudo de Souza e Gastaldini (2014), o qual afirma que o estudo dos padrões de qualidade da água permite um amplo conhecimento do ecossistema e possibilita detectar quais atividades antrópicas prejudicam o equilíbrio do mesmo.

Outra prática que auxiliaria para o retorno do equilíbrio na área de preservação permanente é a restauração da mata ciliar, pois, esta proporcionaria a recuperação das comunidades ecológicas nativas, bem como, influenciariam positivamente à perpetuação das espécies locais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. D., BIUDES, M. S. Análise da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de microclimas. **Interthesis**, Florianópolis, v. 9, n. 02, jul. dez, 2012.
- ARANTES, A. C. Reposição de biomassa pela supressão de exemplares arbóreos nativos isolados. **Revista Ciências Exatas**. Rio de Janeiro. vol. 21, n. 2, jan./jun., 2015.
- AYRES, M.; AYRES JR. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, 364P. 2007.
- BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. Estudos de ilhas de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Minerva – Pesquisa e Tecnologia**. São Carlos – SP, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.
- BITTENCOURT, H. **Controle Estatístico da Qualidade**. Porto Alegre: 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 001** de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União: Seção 1. Brasília, DF, p. 2548-2549. 1986.
- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. Piracicaba, SP: LASTROP, 2015.

CABRAL, P. I. D. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Revista Especialize On-line IPOG**. Goiânia, v. 1, n. 6, p. 15, 2013.

DIAS, R. A. C. F. **O som e o ruído nos jardins urbanos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2009.

FERREIRA, S. C. R. **Estudo da qualidade dos corpos hídricos do Parque das Águas em Pinhais/PR**. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

FIGUEIREDO, F.; DALSON, B.; SILVA, J. Desenvolvimento os Ministérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, p. 115-146, 2009.

GILBUENA, R.; KAWAMURA, A.; MEDINA, R.; AMAGUCHI, H.; NAKAGAWA, N.; BUI, D. D. Environmental impact assessment of structural flood mitigation measures by a rapid impact assessment matrix (RIAM) technique: A case study in Metro Manila, Philippines. **Science of the Total Environment**, v. 456-457, p. 137–147, 2013.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre – RS, v. 9, n.1, p. 73-91, jan./mar., 2009.

GREGORY, J.; LUIZ NETO; RIBEIRO, S. A ventilação natural e insolação: a contribuição no desempenho térmico no projeto de uma pousada na orla de Maceió/AL. **Ciências Humanas e Sociais**, Alagoas, v. 5, n. 1, p. 97-114, nov., 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de informações básicas municipais. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

JATOBÁ, S. U. S. **Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. n. 5, p. 141-148, jun., 2011.

JUEN, L.; MARCO, P. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of natural and niche drivers at small geographical extents. **Insect Conservation and Diversity**, v.4, p. 265-274, 2011.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A.; GOULART, S.; VECCHI, R. D. **Conforto e stress térmico. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE**, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 2011.

LEVINO, N. A; MORAES, D. C. Análise da degradação ambiental do Complexo Estaurino-Lagunar Mundaú/Manguaba – Alagoas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 16., Bauru, **Anais [...]**. Bauru. 2009.

LIMA, A. G. M.; CARVALHO, R. G. Poluição Sonora no meio ambiente urbano – caso centro de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 5, n. 2, p. 69-87, jun. 2010.

LIMA, I. V.; SILVA, M. B.; ADAMIL, M.; PINHEIRO, A. F.; BARROS, M. N. R.; NARVARES, I. S.; GOMES, A. R.; WATRIN, O. S.; MAGNO JÚNIOR, P. S. L.; ROCHA, E. S. Dinâmica das áreas de reflorestamento no município de Paragominas, Estado do Pará, considerando dados temporais do projeto TerraClass. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO -SBSR, 18., **Anais [...]**. São Paulo, mai. 2017.

MASCENA, V. M. **Abelhas visitantes florais, potenciais polinizadores do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em cultivo agroecológico**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K. A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização de ruas de Curitiba-PR. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 2013.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**, 3. Ed. Porto Alegre: +4editora, 2009, 200p.

MINNAERT, B.; VEELAERT, P. The suitability of organic solar cells for different indoor conditions. **Advances in Science and Technology**, v. 74, p. 170-175, 2010.

OLIVEIRA, M. M. F.; ALVES, W.S. A influência da vegetação no clima urbano de cidades pequenas: um estudo sobre as praças públicas de Iporá-GO. **Territorial**, Goiás, v. 2, p. 61-77, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Rio Grande do Sul: Feevale. 2013.

ROLIM, S. B. A.; XAVIER, M. B.; DEGRAZIA, G. A.; MOOR, L. P.; PEREIRA FIHO, W. Estudo da temperatura superficial de lagoas costeiras através de parâmetros meteorológicos e dados de sensoriamento remoto. **Ciência e natureza**. Santa Maria, ed. Especial, dez., p. 534-537, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, J. S. SILVA, V. P. R.; LIMA, E. R. V.; ARAÚJO, L. E., COSTA, A. D. L. Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 03, p. 540-557, 2012.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SANTOS, I. D C. A avaliação de impacto ambiental e a responsabilidade do Brasil diante da degradação ao meio ambiente. **Interfaces Científicas**, Aracajú, v. 1, n. 2, p.67-74, fev. 2013.

SILVA, D. P.; MARCO, P.; RESENDE, D. C. Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case stud. **Ecological Indicators**, v. 10, p.744-752. 2010.

SILVA, R.; SANTOS, V.; GALDINO, S. Análise de impactos ambientais da urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do córrego vargem grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, Minas Gerais, v.26, n.47, p. 966-976, jul. 2016.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Rio Apeú, Nordeste do Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 701 - 710, out./dez. 2012.

SOUZA, M. M; GASTALDINI, M. C. **Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 263-274, jul./set. 2014.

VARJABEDIAN. R; MECHIL. A. As APP's de topo de morro e a Lei 12.651/12. In: Congresso Brasileiro De Geologia De Engenharia E Ambiental, 14., 2013, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://www.abge.org.br/site/produto/13-congresso-brasileiro-de-geologia-de-engenharia-e-ambiental-e-coletanea-dos-anuais-do-cbge/> Associação Brasileira de Geologia e Ambiental, Rio de Janeiro. 2013. Acesso em 20 fev. 2019.

Sara Dorea de Oliveira Santos

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
saraddorea@gmail.com

Andreza Silva e Silva

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
andrezasilva.s2507@gmail.com

Luana Lima Souza

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
lulsouzaeng2015@gmail.com

Ronilson Rosário Lobo

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
ronilsonlobo@gmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 15 -

**INVENTÁRIO DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADO AOS
FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA, EM TRÊS IGARAPÉS DO
MUNICÍPIO DE CAPANEMA, NORDESTE PARAENSE**

José Moacir Ferreira Ribeiro; Zilda de Fátima Costa, Ieda Maria da Silva, Antônio Pereira Júnior;
Edmir dos Santos Jesus

DOI:10.4322/978-85-455202-1-4-15

INTRODUÇÃO

Os invertebrados de maneira geral compõem um grupo de grande importância para a ecologia de diversos ambientes, principalmente o aquático, participando diretamente das cadeias alimentares, muitas vezes representando um elo entre os produtores e consumidores primários, principalmente algas, microrganismos e peixes.

Estes grupos ocupam praticamente todos os tipos de ambientes, estando adaptados a diferentes condições ambientais, pois possuem espécies altamente exigentes em determinados fatores e ao mesmo tempo tolerantes a outros, possuem vários tamanhos, são abundantes com o ciclo de vida aquática longo, o que favorece sua ampla utilização nos programas de monitoramento dos rios (MERRIT; CUMMINS, 1996).

A macrofauna da maioria dos corpos aquáticos é composta de uma variedade de grupos taxonômicos, incluindo os filos Arthropoda, Oligochaeta, Nematoda e Platyhelminthes (MERRIT; CUMMINS, 1996; EATON, 2003), sendo sua abundância e diversidade influenciadas por características ambientais como variáveis físico-químicas, tipo de sedimento, teor de matéria orgânica, profundidade e presença de macrófitas (CARVALHO; IEDA, 2004; SMITH *et al.*, 2003; VIDAL-ABARCA *et al.*, 2004).

Os Macroinvertebrados, portanto, fazem parte da dinâmica de diversos rios, riachos, igarapés e lagoas, servem de alimentos para outros grupos animais como peixes e crustáceos, participando diretamente da ciclagem de nutrientes do bioma onde vivem, por isso são indicados para avaliar a qualidade da água em função de seu reflexo imediato às mudanças ambientais (Esteves, 1998).

Estudos destes grupos principalmente no Nordeste Paraense são escassos, Monteiro-Santos (2008) desenvolveu pesquisas com insetos aquáticos no nordeste e sudeste paraense no período de seca e chuva mostrando que as ordens mais abundantes foram Diptera, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Odonata, Megaloptera, Coleoptera e Lepidoptera. Esta pesquisa tem o objetivo de inventariar, avaliar e comparar a comunidade de Macroinvertebrados de três igarapés do município de Capanema, nordeste Paraense.

OBJETIVO

Analisar e avaliar a Fauna de Macroinvertebrados de Três igarapés do município de Capanema, Estado do Pará.

HIPÓTESE ABORDADA

Existe diferença entre a fauna de Macroinvertebrados e os aspectos físico-químicos da água nos três igarapés analisados, no município de Capanema, Pará.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de Capanema ($01^{\circ}18'53,6''\text{S}$ $47^{\circ}05'45,1''\text{W}$) está localizado a 160km de Belém, capital do estado (Figura 1). A área escolhida para a realização deste trabalho apresenta como características principais uma cobertura vegetal de floresta secundária, clima do tipo AM, segundo a classificação de Köppen, equatorial quente e úmido, com uma estação mais chuvosa, entre os meses de dezembro a maio, e outra menos chuvosa, entre os meses de junho a novembro. A precipitação média está em torno de 2.200 mm anuais. A temperatura máxima varia entre 29°C e 31°C , sendo que a temperatura média fica em torno de 26°C .

A umidade relativa do ar se apresenta entre os 78% a 93%. A drenagem municipal da área é representada pelo rio Quatipuru e seu formador o rio Açaiteua, os quais constituem o limite com o município de Bragança. A Leste passa no distrito de “Mirasselve” e se dirige para o Norte. Um de seus subafluentes, o igarapé Açu, também conhecido como Alagado do Segredo ou Vale Santa Helena, recebe uma série de cursos menores, enquanto seu afluente, Vale do Basílio, serve de limite, ao Norte, com o município de Primavera. A sudoeste do Município, próximo à sua sede, encontram-se as nascentes do rio Urucuri, afluente da margem direita do Rio Peixe-Boi e o seu tributário, pela margem esquerda, o Rio Capanema, que faz limite com o município de Peixe-Boi. O solo é formado por Latossolo Amarelo, com textura média e Concrecionários Laterítico, Areia Quartzosa e Podzol Hidromórfico, além de solos Hidromórficos indiscriminados e solos aluviais, em associações (IBGE, 2011).

Figura 1 - Mapa esquemático dos pontos de coleta da área de estudo do Nordeste Paraense.

Fonte: Ribeiro (2019).

MÉTODO DE COLETA

As coletas foram realizadas no período de 06/06/2012 a 15/10/2013. Foram estabelecidos três pontos de coletas a cada 15 m, em três igarapés do município de Capanema (Figura 2).

Figura 2 - Desenho amostral com um trecho no curso do igarapé.

Fonte: autores (2018)

Os pontos amostrados foram distribuídos ao longo dos igarapés. Em cada ponto foram coletadas porções de serapilheira com rede de mão chamada rapiché (Figura 3a-e). O esforço de coleta foi padronizado em 2 horas, uma hora para cada pessoa. Com relação aos fatores físico-químicos, neste estudo mensuramos apenas três parâmetros para caracterizar as condições de qualidade da água desses igarapés, essas medidas foram realizadas “*in loco*”, através de aparelhos específicos (Figura 4). Foram analisados o potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (CE).

Logo após a coleta as amostras foram transferidas para bandejas (Fig. 3b) em seguida triadas e acondicionados em frascos contendo álcool 70 - 80%. Os exemplares coletados foram levados ao laboratório da Universidade Federal do Pará (Polo-Capanema) e ao Laboratório de Entomologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (Belém-PA), onde, após identificação, serão depositados na coleção do MPEG. Foi realizada uma estatística descritiva utilizando os índices de Shannon-Wiener, Simpson e correlação linear de Pearson.

Figura 3 – A- Aspecto da margem do igarapé; B- Curso d’água do Igarapé Piranguinha; C, D- Coleta de serapilheira no leito do igarapé Piranguinha; E- Coleta no igarapé do Toca do índio e F- Triagem e identificação do material em laboratório

Fonte: Ribeiro e Costa, 2018.

Figura 4- Aparelhos para registrar os fatores físicos e químicos da água (a-Condutividade elétrica, b-oxigênio dissolvido e c-peagâmetro).

Fonte: Ribeiro e Costa, 2018.

RESULTADO E DISCUSSÃO

TEMPERATURA, PH, OXIGÊNIO DISSOLVIDO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Vários trabalhos têm indicado a temperatura como fator que influencia os aspectos físico-químicos da água em conjunto com os fatores biológicos dentre outros, como gases que estão dissolvidos na água. A temperatura apresentou média entre 26 °C no Igarapé Toca do Índio, 25 °C no Igarapé Piranguinha e 27 °C no Igarapé Capanema. Um estudo realizado por Ribeiro e Silva (2009) (trabalho não publicado), na Bacia do rio Peixe-Boi com insetos aquáticos, mostrou uma variação semelhante, o que corrobora com os dados deste estudo, indicando características térmicas comuns dessas águas nos períodos de seco e chuvoso (Tabela 2).

Geralmente valores de pH ácidos ou alcalinos, variam de 6,0 a 8,0 e são encontrados na maioria dos ambientes (WETZEL, 1983). O pH de maior intensidade foi observado no igarapé Capanema (7.4) provavelmente pelo fato deste igarapé se localizar nas proximidades da cidade de Capenema, onde resíduos são lançados diariamente nos córregos da cidade que cruzam em algum momento este igarapé (Figura 6). Os valores para os dois outros igarapés apresentaram-se homogêneos entre os ambientes (5.8) e (5.5).

Figura 6 - Potencial hidrogeniônico (pH) analisados nos três igarapés do município de Capanema - PA.

Fonte: autores (2018).

O oxigênio dissolvido analisado nos córregos obteve os seguintes parâmetros: igarapé toca do índio: 6.0-6.5 mg/L; igarapé Piranguinha: 5.0-7.0 mg/L; igarapé Capanema 4.0-3.5 mg/L (Figura 7).

Figura 7- Oxigênio dissolvido (O₂) analisados nos três igarapés do município de Capanema - PA.

Fonte: autores (2018)

A condutividade elétrica obteve os seguintes índices: igarapé toca do índio: 12-17 $\mu\text{s.cm}^{-1}$; igarapé Piranguinha: 13.5-14.5 $\mu\text{s.cm}^{-1}$; igarapé Capanema: 32-66 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ (Figura 8).

Figura 8- Condutividade elétrica (CE) analisada nos três igarapés do município de Capanema-2PA.

Fonte: autores (2018)

O igarapé que obteve o menor valor de oxigênio foi o igarapé Capanema, provavelmente em função dos resíduos que são jogados em seu leito advindo do saneamento da cidade, o que evidentemente prejudica a permanência da fauna de Macroinvertebrados em seus respectivos micro-habitat. Já a condutividade elétrica foi muito alta no mesmo igarapé indicando um forte desequilíbrio na dissociação de íons dissolvidos na água, sendo um dos fatores de migração desses organismos para ambientes menos poluídos, a proliferação de macrófitas aquáticas em vários trechos desse igarapé, também é um indicativo de poluição. Há uma inter-relação entre condutividade elétrica e pH, ambas sujeitas a alternância de precipitação pluviométrica anual e a natureza geológica da bacia hidrográfica, o que certamente tem grande influência na composição e abundância de Macroinvertebrados, principalmente uma maior riqueza de moluscos em ambientes alcalinos, no semiárido paraibano (ABÍLIO, 1997; 2002; 2007).

Abílio (2007) também encontrou certo favorecimento na riqueza de Macroinvertebrados (Moluscos) em águas com baixo pH e alta condutividade elétrica (Tabela 1), o que corrobora com este estudo amazônico onde foi observado uma grande quantidade de moluscos coletados no igarapé Capanema com destaque para as famílias Pilidae (Molusca) e Polycentropodidae (Trichoptera).

Tabela 1 – Parâmetros físicos e químicos da água com média e desvio padrão, no município de Capanema, Pará.

Temp= Temperatura da água, **pH**=potencial hidrogênio-iônico, **C. E**= condutividade elétrica, **O. D**= oxigênio dissolvido na água, **Larg**= largura do igarapé, **Prof**= profundidade do igarapé, **Veloc** = velocidade e **Vaz**= vazão.

Localidade	Períodos do ano	Valores	T. Água (°C)	pH	C.E. (µS/cm)	O.D. (mg/l)	Veloc. (m/s)	Vazão (m³/s)
g.Piranguinha	Chuva	Mínimo	24.0	4.2	13.5	5.0	0.51	0.52
		Máximo	26.5	5.8	14.5	7.0	0.66	0.52
		Média	25.3	5.0	14.0	6.0	0.59	0.52
		DP	1,8	1,1	0,7	1,4	0,1	0,0
Ig. Toca do Indio	Chuva	Mínimo	25.5	4.0	12.0	6.0	0.80	0.36
		Máximo	26.5	5.5	17.0	6.5	1.0	0.36
		Média	26.0	4.8	14.5	6.3	0.90	0.36
		DP	0.7	1.1	3.5	0.4	0.1	0.0
Ig. Capanema	Chuva	Mínimo	26.5	4.1	32.0	4.0	1.0	1.50
		Máximo	27.0	7.4	66.0	3.5	1.0	1.50
		Média	26.8	5.8	49.0	3.8	1.0	1.5
		DP	0.4	2.3	24.0	0.4	0.0	0.0

Fonte: autores (2018)

ASPECTOS BIOLÓGICOS

A abordagem metodológica com utilização de Macroinvertebrados como bioindicadores na avaliação de impactos ambientais tem sido amplamente desenvolvida no mundo todo, principalmente na comparação entre habitats alterados e preservados (MOULTON, 1998; SHIMIZU, 1999).

Segundo Junqueira e Heckman (1998) é extremamente importante o uso de bioindicadores em estudos da qualidade da água. Segundo os mesmos autores, trata-se de uma ferramenta imprescindível para caracterizar determinado ambiente e seus microhabitats.

Foram coletados 436 espécimes, distribuídos em 10 ordens: 100 Molusca, 119 Crustacea, 96 Trichoptera, 48 Heteroptera, 22 Odonata, 20 Plecoptera, 17 Diptera, 8 Coleoptera, 4 Megaloptera, 2 Ephemeroptera (Tabela 2; Figura 9).

Tabela 2- Número total de Macroinvertebrados coletados nos igarapés Piranguinha, Toca do Índio e Capanema – PA.

Ordem	Família/Espécie	PI	TI	CA
Crustacea	Paleomonidae: <i>Carteri</i>	4	9	0
	<i>Macrobrachium surinamicum</i>	32	46	20
	Trichodactilydae: <i>Valdivia serrata</i>	2	2	4
Mollusca	Pilidae: <i>Pomacea</i>	0	0	100
	Polycentropodidae	0	0	27
Trichoptera	Hydropsychidae: <i>Macronema</i>	41	14	0
	Hydrobiosidae: <i>Atopsyche</i>	3	11	0
Plecoptera	<i>Anacroneuria marlieri</i>	9	4	0
	<i>Anacroneuria minuta</i>	4	2	0
	<i>Anacroneuria sp</i>	1	0	0
Heteroptera	Naucoridae: <i>Limnocoris</i>	3	10	1
	<i>Pelocoris</i>	1	1	0
	Gerridae: <i>Trepobates</i>	0	1	0
	<i>Limnogonus</i>	3	0	3
	Veliidae: <i>Raghovalia</i>	1	9	2
	<i>Stridulivelia</i>	0	3	1
	Belostomatidae: <i>Belostoma</i>	1	2	2
	Notonectidae: <i>Buenoa</i>	0	2	0
	Nepidae: <i>Ranatra</i>	0	2	0
Odonata	Megapodagrionidae: <i>Heteragrion</i>	0	1	0
	Libellulidae:	0	0	0
	<i>Perithemis</i>	2	0	2
	<i>Orthemis</i>	3	0	2
	<i>Planiplax</i>	2	0	0
	Calopterygidae	0	0	2
	Coenagrionidae: <i>Oxyagrion</i>	1	1	0
	Gomphidae: <i>Progomphus</i>	0	1	2
	<i>Cyanogomphus</i>	2	1	0
	Corydalidae: <i>Corydalus batesii</i>	2	2	0
Ephemeroptera	Euthyplociidae: <i>Campylocia</i>	0	2	0
Diptera	Tipulidae: <i>Pedycia sp</i>	3	0	2
	Chironomidae: <i>Chironomus sp</i>	0	1	11
Coleoptera	Gyrinidae: <i>Gyretes dorsalis</i>	0	7	0
	Dytiscidae: <i>Gyretes sp.</i>	0	1	0
Total		120	135	181

Fonte: autores (2018)

Figura 9 - Número de espécimes coletados por igarapé no município de Capanema, Pará nos igarapés Piranguinha, Toca do Índio e Capanema – PA.

Fonte: autores (2018)

O grupo com maior número de indivíduos foi Molusca com um gênero (*Pomacea*); seguida de Crustacea com dois gêneros (*Macrobrachium surinamicum* e *Paleomonetes carteri*); Trichoptera com dois gêneros (*Macronema* e *Atopsyche*), Heteroptera com nove gêneros (*Limnocoris*, *Pelocoris*, *Trepobates*, *Limnogonus*, *Raghovalia*, *Stridulivelia*, *Belostoma*, *Buenoa* e *Ranatra*); Odonata com oito gêneros (*Heteragrion*, *Perithemis*, *Orthemis*, *Planiplax*, *Perilestes*, *Oxyagrion*, *Progomphus* e *Cyanogomphus*); Plecoptera com um gênero (*Anacroneuria marlieri*, *A. minuta* e *A. manauensis*); Diptera com três gêneros (*Chironomus* e *Pedycia*); Coleoptera com um gênero (*Gyretes dorsalis* e *Gyretes* sp.); Megaloptera com um gênero (*Corydalus batesii*) e Ephemeroptera com um gênero (*Campylidia*). A família com maior número de indivíduos foi Paleomonidae, seguida de Trichodactylidae.

Abílio *et al.* (2007) realizaram estudos na bacia hidrográfica do rio Taperoá, em oito ambientes diferentes, utilizando para a análise de abundância e frequência de categorias propostas por Merritt e Cumins (1984), para insetos, moluscos, crustáceos e anelídeos. No presente estudo utilizamos apenas uma estatística descritiva para analisar a abundância dos espécimes coletados em cada igarapé. Os dados deste estudo não são comparáveis aqueles obtidos no rio Taperoá, que analisaram vários corpos d'água no semiárido da Paraíba.

Uma estatística descritiva foi utilizada com o índice de Shannon-Wiener para analisar a homogeneidade do número de indivíduos entre os igarapés. Os resultados mostram maior homogeneidade no igarapé Toca do Índio (1.5315), seguido do igarapé Piranguinha com (0.9303) e igarapé Capanema com (0.6876), indicando o igarapé Capanema com menor homogeneidade. A heterogeneidade foi de (0.3925) no igarapé Piranguinha, (0.3109) no igarapé Toca do Índio e (0.5510) no igarapé Capanema (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de Shannon-Wiener e número total de Macroinvertebrados coletados nos igarapés Piranguinha, Toca do Índio e Capanema - PA.

Pontos amostrais	Ig. Piranguinha	Ig. Toca do Índio	Ig. Capanema
Tamanho da amostra	120	135	181
Shannon-Wiener	0.9303	1.09553	0.6876
Máxima diversidade	1.5315	1.5315	1.5315
Homogeneidade	0.6075	0.6891	0.4490
Heterogeneidade	0.3925	0.3109	0.5510

Fonte: autores (2018)

Estudos realizados com comunidades de Macroinvertebrados no Brasil Central e Sudeste (Bueno *et al.*, 2003; Abílio *et al.*, 1997) mostram diferenças na abundância e riqueza de espécimes quando adotam os mesmos métodos estatísticos, estes estudos não podem ser comparados com os

dados apresentados aqui, entretanto, há uma semelhança quando comparamos a riqueza e abundância dos espécimes em seus respectivos habitats.

Os mesmos dados são observados quando aplicamos o Índice de Simpson, com maior valor no igarapé Toca do Índio, seguido do igarapé Piranguinha e Capanema. Uma correlação Linear de Pearson foi aplicada entre os fatores abióticos e o número de espécimes coletados nos três igarapés, indicando forte correlação positiva ($p = 0.0001$) entre os igarapés Piranguinha e Toca do Índio (Tabela 4, Figura 10). A maior abundância foi observada nos grupos de Crustacea e Mollusca, seguida de Insecta: Trichoptera, Plecoptera e Heteroptera.

Tabela 4 - Índice de Simpson analisados nos igarapés Piranguinha, Toca do Índio e Capanema, Pará.

Pontos amostrais	Ig. Piranguinha	Ig. Toca do índio	Ig. Capanema
Tamanho da amostra	120	135	181
Índice de Simpson	0.7994	0.8461	0.6549
Índice de diversidade	0.2006	0.1539	0.3451

Fonte: autores (2018)

Apesar do grande avanço tecnológico investido em programas de biomonitoramento, ainda há grandes lacunas no que diz respeito à natureza e magnitude dos impactos ecológicos. Existem limitações para se fazer uma boa avaliação com biomonitoramento de insetos, uma delas, reside na dificuldade da escolha de técnicas de monitoramento que tornem possível isolar os efeitos das variabilidades espacial e temporal de efeito antrópico.

Figura 10 - Índice de Shannon-Wiener, indicando a riqueza e equitabilidade das amostras nos igarapés Piranguinha, Toca do Índio e Capanema – PA.

Fonte: autores (2018)

A Amazônia oriental apresenta elevada taxa de ocupação, com consequente avanço de ações antrópicas sobre o ambiente. Também agravante é a elevada taxa de ocupação e o investimento aplicado na utilização dos recursos naturais. Não há preocupação com a manutenção da qualidade da água dos rios e igarapés, por isso estudos desta natureza são importantes para, pelo menos, mostrar o quanto precisamos estudar a fauna de nossos rios e igarapés antes que seja tarde demais.

CONCLUSÃO

A fauna de Macroinvertebrados dos três igarapés possui diferenças significativas quando comparadas aos fatores abióticos e ao número de espécimes coletadas.

Os igarapés Piranguinha e Capanema foram os que apresentaram maior diferença quando correlacionado aos fatores físico-químicos da água.

O igarapé Capanema é o que está mais degradado em relação aos igarapés Piranguinha e Toca do Índio.

Os grupos que se destacaram quanto ao número de espécimes coletados foram: Crustacea, Molusca e Insecta (Trichoptera, Heteroptera e Plecoptera).

RECOMENDAÇÃO

O igarapé Capanema possui em alguns trechos de seu leito um alto grau de degradação e poluição ambiental e precisa urgentemente de um programa de recuperação de seu leito e suas margens, caso contrário, será mais um igarapé que desaparecerá em um curto espaço de tempo levando junto certamente a reduzida entomofauna aquática que ali vive.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P. **Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associado a macrófitas aquáticas em açudes do semiárido Paraibano nordeste do Brasil**. 2002. 175 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 2002.

ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecol. Bras.**, v.11, n.3, p. 397- 409. 2007.

CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v.21, n.2, p.287-293.2004.

COSTA, C. (ed). **Insetos Imaturos. Metamorfose e Identificação**. Ribeirão Preto: Holos. 2006.

EATON, D. P. Macroinvertebrados aquáticos como indicadores ambientais da qualidade de água. In: CULLEN, J.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.), **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR. 2003, p.43-67

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência,1998.

IBGE. 2011. <http://WWW.ibge>. Acessado em 12/10/2011..

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. (second edition). Kendall/Hunt Plub. Co. Dubuque, USA 722p.1984.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3th Edition. Iowa. Kendall/Hunt Publishing Company. 1996.

MONTEIRO. E. S. **Simuliidae (Diptera: Nematocera) associados as bacias lestes do Estado do Pará, com ênfase na Serra dos Martírios-Andorinhas**. 2008. 178 p. Tese (Doutorado em Zoologia). Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém Pará. 2008.

MOULTON, T. P. **Saúde e integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos**. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. (Eds), *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Serie Oecologia Brasiliensis. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, p. 281-298.1998.

PÉREZ, G. R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Bogotá, Fondo Fen Colômbia, Colciencias/Universidad de Antioquia. 1988.

SMITH, G. R., VAALA, D. A.; DINGFELDER, H. A. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. **Hydrobiologia**, n.497, p.161-167.2003.

TOWNES, H. A light-weight Malaise trap. **Entomology News**, n.83, p.239-247.1972.

VIDAL-ABARCA, M.R.; SUÁREZ, M. L.; GÓMEZ, R.; GUERREIRO, C.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M.M.; VELASCO, J. Inter-annual variation in benthic organic matter in a saline, semi-arid stream of southeast Spain (Chicamo stream). **Hydrobiologia**, n.523, p.199-215.2004.

Wetzel, R.G. **Limnology**. 2.ed. Philadelphia: Saunders, 1983. 767p.

José Moacir Ferreira Ribeiro
Doutor em Entomologia
Museu Paraense Emílio Goeldi

ribeirojmf@hotmail.com
Zilda de Fátima Costa

Ieda Maria da Silva

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

Edmir dos Santos Jesus
Doutor em Ciências Meteorológicas
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
edmir.jesus@gmail.com

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 16 -

OS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA URBANIZAÇÃO ÀS
MARGENS DO RIO PRAINHA. PARAGOMINAS – PA

Milla Cristina Santos Da Cruz; Ana Paula dos Santos Silva; Carlos Otavio Rodrigues da Silva;
Nathalia de Souza Lima.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-16

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é um dos responsáveis pelo avanço dos sistemas urbanos para áreas próximas a rios e córregos, os recursos hídricos de maneira geral são um os que mais tem sido alterado pelas atividades antrópicas. Principalmente quando esses estão inseridos no meio urbano (LIMA *et al.*, 2017).

No estudo realizado na Avaliação de Impactos Ambientais — AIA é necessário analisar três componentes: meio socioeconômico, meio biótico e físico. O socioeconômico consiste na análise da relação entre as questões sociais, econômicas, comerciais e culturais de uma comunidade. Por conseguinte, as atividades antrópicas no meio ambiente são nomeadas de impactos ambientais, os quais podem ser positivas ou negativas. Enquanto, a Avaliação de Impactos Ambientais — AIA pode identificar e caracterizar quais são as atividades causadoras da degradação ambiental (LIRA; CÂNDIDO, 2013; SANCHEZ, 2013).

A AIA estuda a relação da sociedade com o meio ambiente, ou seja, a percepção ambiental dos indivíduos, que pode ser determinado como o produto da atuação dos sentidos perante o meio que o cerca, além da definição de valores, reações e interações positivas ou negativas sobre o ambiente (BAY; SILVA, 2011).

Quanto ao meio biótico, ele consiste em um conjunto organismos vivos como animais e plantas que vivem num ecossistema, ou seja, a relação entre a fauna e a flora. Para a conservação da fauna são criadas leis como o Código Florestal n. 12.651:2012, a qual dispõe sobre Áreas de Preservação Permanente, uma delas são as matas ciliares que consistem em categorias de cobertura vegetal que ficam as margens de rios, igarapés, lagos, olhos d'água e represas. Estas são necessárias para a proteção desses recursos (NEVES; TAUCHEN, 2014; SANTOS; PACCA; BARROS, 2013).

Quanto ao componente do meio físico, consiste no conjunto de elementos como: o subsolo, as águas, o ar, clima, os recursos minerais e hídricos, a topografia, o regime hidrológico, as correntes marinhas e atmosféricas (CONAMA, 1986).

Com base nesses conceitos, este diagnóstico reveste-se de grande importância, pois, o município de Paragominas apresenta uma tendência ao crescimento demográfico. Dessa forma, é necessário compreender quais os impactos sobre os meios bióticos e físicos dessa região, a partir dos parâmetros pesquisados, como temperatura, ruídos, luminosidade, vazão do rio, velocidade do vento e a observação da fauna e flora do local. Diante disso, a pesquisa possui o objetivo de estudar as alterações resultantes do crescimento urbano, nos aspectos bióticos e físicos na área adjacente do rio Prainha de Paragominas.

MATÉRIAL E MÈTODO

Os materiais utilizados para aquisição de dados *in loco* foram cedidos pelo laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade do Estado do Pará *Campus VI* Paragominas (Tabela 1).

Tabela 1- Equipamentos utilizados para análises de fatores do meio físico.

Instrumentos	Marca	Modelo	Utilidade	Unidade
Anemômetro	INSTRUTEMP	ITAN 700	Mensuração da velocidade dos ventos	m/s
Biruta	Confeccionada pelo autor	-	Indicador da direção e sentido dos ventos	Adimensional
Decibelímetro	SOUND LEVED METER	ITDEC 3000	Verificar o nível de pressão sonora	dB (decibéis)
Diastímetro	STARRETT	KTS537-30-S	Medição de um ponto a outro	m (metros)
Geolocalizador	GARMIN	ETREX 30X	Indicar as coordenadas geográficas	
Luxímetro	DIGITAL LUX METER	ITLD 260	Mensurar a intensidade da luz	Lux (unidade de iluminância)
Réguas	-	-	Mensuração do nível d'água	m (metros graduados)
Linimétrica	-	-		
Facão	-	-	Poda da vegetação	Adimensional
Galão	-	-	Armazenar água	L (litros)
Proveta de 1000 ml - Vidro	NALGON	-	Mensurar o volume contido no galão	ml (litros)
Cronômetro	-	-	Mensuração de frações de tempo	S (segundos)

Fonte: autores (2018)

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas — PA, está localizado no nordeste paraense, e definida pelas coordenadas geográficas: latitude sul 02° 59' 45" e longitude oeste 47° 21' 10", com altitude média de 90 m, e uma população estimada para 2017 de 110.026 habitantes. O município faz divisão com o Estado do Maranhão a oeste e com os respectivos municípios paraenses: Ipixuna, Nova Esperança do Piriá e Dom Eliseu (IBGE, 2017).

O relevo da cidade apresenta altitudes de 100 a 150 metros e o restante com variações topográficas de 50 a 100 metros. Quanto à tipologia florestal, originalmente, o município de Paragominas era inteiramente coberto por floresta tropical. O clima do município é classificado como quente e úmido, com a média anual de temperatura de 26 °C e umidade relativa do ar de 81%. É banhada por duas bacias principais: Capim, que se ramificam sobre 54% do território do município e a do Gurupi que ocupa os outros 46% restantes (PINTO *et al.*, 2009).

O Rio Uraim banha a sede do município a noroeste e é caracterizado como de quinta ordem na hierarquia fluvial pelo fato de ser tributário pela esquerda da malha hidrográfica do Rio Gurupi. Com uma extensão de 4,9 km² a bacia hidrográfica do Rio Uraim ocupa 21,75% da área total do município de Paragominas, e uma grande porção da malha urbana é cortada pelo Uraim. Assim a população tem uma relação de maior proximidade e necessidade de uso desse recurso para os mais variados fins (SANEPAR, 2014).

ÁREA DE PESQUISA

O local está situado no Bairro Promissão, área urbana de Paragominas, na Rua Bujaru, que possui uma altitude de 90 metros. O rio Prainha perpassa parte dessa região (Figura 1). No perímetro próximo as margens, há várias residências. A vegetação é heterogênea, predominantemente, por gramíneas adjacentes ao rio, por arbustos que oscilam de dois a seis metros e por árvores em locais mais afastados com mais de 10 m de altura. O local apresenta uma topografia alterada onde é possível ver aterros de construtoras próximos a áreas adjacentes do rio, encontrando-se muito degradado (RIBEIRO; CRISTO, 2017).

Figura 1 – Mapa geopolítico da localização com vista superior da área de pesquisa. Paragominas – PA.

Elaboração: Pereira C.L (2018)

MÉTODO

O método utilizado nesse estudo corresponde como dedutivo, pois, é composto por duas proposições verdadeiras que deduzidas levam a uma conclusão indiscutível: **(1)** o impacto ambiental é uma consequência da ação antrópica e **(2)** o crescimento populacional com a falta de saneamento básico, causam impactos ambientais. O que leva à conclusão que: o corpo hídrico sofre alterações por meio do processo de urbanização desordenada (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Em relação ao procedimento da pesquisa enquadra-se como explicativa, uma vez que, preocupa-se em identificar os fatores que indicam ou que contribuem para o acontecimento dos fenômenos. Quanto à natureza, a pesquisa classifica-se como aplicada, visto que, procura realizar conhecimentos guiados à solução de problemas específicos. Possui uma abordagem quantitativa, pois, realizou-se coleta, além de especular quais as causas dos resultados (SAKAMOTO; SILVEIRA, 2014; SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Quanto ao procedimento, ou seja, o modo em que foi feita a coleta dos dados, é experimental, portanto, é desenvolvida a partir da determinação de um objeto de estudo, e da seleção de fatores que seriam capazes de influenciá-lo, isso em função do que sintetizaram. Esse método foi complementado pelo levantamento de dados bibliográficos, documentais, cujo recorte temporal situou-se entre 2009 e 2018, com exceção de literaturas base (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

COLETA DE DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a realização do diagnóstico de impacto ambiental, foram necessários três dias para observar, coletar e analisar os aspectos físicos e bióticos no trecho do rio Prainha. Os dados adquiridos foram tratados estatisticamente com o software Excel 2013 (HILLIER; LIEBERMAN, 2013), BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007), e Origin Pro 9.0 (BAR-ZEEV; ASSARAF; LIVNEY, 2016). A análise estatística foi feita por meio do método de Correlação Pearson, que realiza uma associação linear do grau de relacionamento entre as variáveis: (1) ruído x velocidade do vento, (2) velocidade do vento x temperatura (3) e temperatura x luminosidade. Por meio da seguinte equação (FIGUEREIDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009):

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \quad (1)$$

Conforme os autores, o coeficiente de correlação Pearson varia de -1 a 1, onde o sinal indica direção negativa ou positiva. Os valores (Tabela 2) entre 0,10 - 0,30 podem ser considerados de relação fraca, entre 0,40 - 0,60 apresentam correlação moderada e os valores entre 0,70 - 1 apresentam correlação forte.

Tabela 2 – correlação de Pearson.

Correlação de Pearson – r	Relação
0.10 – 0.30	Fraca
0.40 – 0.60	Moderada
0.70 – 1.0	Forte

Adaptado de Figueiredo Filho; Silva Júnior (2009)

PROCEDIMENTOS

19 DE MARÇO DE 2018

Às 15h13 o ônibus da Universidade do Estado do Pará - UEPA deslocou-se à área submetida à análise, localizada no bairro Promissão, Rua Bujaru. Pouco depois, às 15h22 o ônibus chega ao local. Em seguida, observou-se todo perímetro com a finalidade de direcionar cada um dos sete grupos aos seus respectivos quadrantes (Figura 2), os quais foram pré-estabelecidos aleatoriamente em sala de aula.

Figura 2 - Croqui da área de estudo. Paragominas- PA.

Fonte: autores (2018)

Posteriormente, às 16h10, a equipe se dirigiu à área pré-estabelecida, e realizou a primeira etapa do procedimento, no qual, houve a demarcação do quadrante com perímetros de 10,40 metros com o uso do diastímetro. No entanto, o caminho para o rio estava impossibilitado e com declive, o que dificultava o acesso da equipe, tornando-se necessário a utilização do facão para possibilitar a passagem. Em seguida, às 16h40 delimitou-se os quatro pontos no sentido horário: **P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄**, e por meio do geolocalizador foi marcada as coordenadas geográficas de cada ponto (Figura 3).

Figura 3 - Croqui do quadrante do grupo sete. Paragominas- PA.

Fonte: autores (2018)

Logo após, às 16h53 foi delineado os três pontos médios de cada perímetro. Entre os pontos **P₄** e **P₁** dividiu por três e localizou o ponto médio de cada um. Para as demais retas entre os pontos **P₂-P₃** e **P₃-P₄** utilizou-se da projeção, uma propriedade matemática, pois, os pontos abrangem uma área de propriedade privada. Por fim, as medições encerraram-se às 18h00.

20 DE MARÇO DE 2018

Às 14h05 as equipes direcionaram-se para o local de estudo com intuito de coletar os dados ausentes, com a chegada ao local às 14h25. As 14h32 utilizou-se o luxímetro para mensurar a taxa de luminosidade em cada um dos pontos médios do quadrante, porém a unidade de medida da luminosidade foi convertida de Lux para W/m², com a aplicação da Equação 2 (MINNAERT; VEELAERT, 2010).

$$1 \text{ Lux} = 1 \text{ lúmen} = \frac{1}{683} \text{ W/m}^2 \quad (2)$$

O mesmo processo foi realizado às 14h45 para mensuração do ruído com o decibelímetro. Em seguida, foi realizado o procedimento para o cálculo da vazão (Q). Um galão, o qual foi submerso até a metade do raio da sua entrada, posicionado no sentido contrário a correnteza do rio, até o momento em que a água começasse a voltar. Utilizou-se a proveta de vidro para medir o volume de água que adentrava no galão, e com auxílio do cronômetro foi marcado o tempo.

O procedimento para o cálculo da vazão foi efetuado com o uso da Equação 3 (VILANOVA, 2011).

$$(Q = \frac{V}{t}) \quad (3)$$

Onde: Q é a vazão; V é a velocidade; t é o tempo. O processo foi repetido em seis pontos, três situados na margem — a 0,5 metros da vegetação ciliar — e três posicionados do meio do rio, a 4,30 metros da mata ciliar. No decorrer desse procedimento, realizou-se a mensuração da profundidade do corpo hídrico com o auxílio da régua limnimétrica. A última etapa constitui-se na obtenção das posições planialtimétricas das coordenadas geográficas nos pontos descritos acima, concluiu-se a coleta dos dados no segundo dia às 17h45.

21 DE MARÇO DE 2018

Às 13h50, a turma de Engenharia Ambiental 2015 da UEPA direcionou-se novamente para o Bairro Promissão. Loteamento I, Rua Bujaru, a fim de concluir a coleta de dados do meio físico, com chegada às 14h25. Às 14h32 a equipe utilizou o anemômetro, para mensurar a velocidade do vento nos pontos médios do quadrante, e por meio da biruta e da bússola verificou-se o sentido e a direção do vento. Este processo se repetiu para todos os pontos médios do quadrante, para as margens e para o meio do corpo hídrico, finalizado às 15h49.

As 16h10 mensurou-se a taxa de luminosidade às margens esquerda em relação a correnteza e na calha central do rio, além da mensuração dos ruídos às 16h37, nos pontos P₁, P_M e P₂. Por fim, às 17h09, calculou-se o diâmetro da altura do peito - DAP de um oiti, uma árvore cujo nome científico é *Licania tomentosa*. Tais mensurações foram encerradas às 17h47.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANALISES REALIZADAS DO MEIO BIÓTICO

Em relação a FLORA, devido ao crescimento populacional desordenado da área, ocorreu a substituição da vegetação ciliar das margens do rio prainha, por capim elefante (*Pennisetum purpureum*) (Figura 4).

Figura 4 - *Pennisetum purpureum* no rio Prainha – Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

O estudo efetuado por Vale e Azevedo (2013), em Riacho Salgado uma comunidade distante 9 km da sede do município de São Paulo do Potengi – RN, conclui que esse tipo de vegetação

desenvolvesse em regiões quentes e úmidas com precipitação anual igual ou superior a 800 mm, ela é resistente à radiação solar, portanto ela é perene e de alta produtividade.

Deste modo, o local analisado apresenta condições apropriadas para a reprodução desse tipo de vegetação, expondo pontos positivos e negativos. A pesquisa realizada por Silva (2018), em Uberaba-MG, indicou que o Capim Elefante protege o solo, formando uma cobertura com as folhas, e um suporte com as raízes que evitam a erosão e contribuem na conservação do solo. Em vista disso, o local analisado apresenta condições apropriadas para a reprodução dessa vegetação.

Quanto ao fator negativo, o capim elefante estende-se por quase toda a margem esquerda do rio, incluindo partes internas. Latini (2016), efetuou um estudo em Brasília – DF, e concluiu que o capim elefante é uma espécie exótica, geralmente invasora, uma vez introduzidas no ambiente, adapta-se e passa a se reproduzir e proliferar exageradamente (invasões biológicas), sendo capaz de ocasionar alterações nos processos ecológicos naturais, prejudicando as espécies nativas, habitats e ecossistemas.

Além do mais, os dados obtidos indicaram a presença de aguapés, macrófitas da espécie (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms.) (Figura 5). Na pesquisa realizada por Trindade *et al.* (2010), em Rio Grande – RS, concluiu que a existência de macrófitas está relacionado ao excesso de nutrientes procedentes de fontes como resíduos industriais, erosão de terras agrícolas, esgoto doméstico, dentre outros.

Figura 5: Espécie *Eichhornia crassipes* no rio Prainha. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Na pesquisa realizada por Lima (2017), no córrego Sussuapara em Palmas – TO, indicou que a falta dessa vegetação ciliar ocasiona impactos como, assoreamento, presença de vegetação exótica, poluição por resíduos sólidos e posteriormente a degradação do corpo hídrico.

Segundo Alberto e Ribeiro Filho (2012), um estudo efetuado no rio Piracicaba - SP, concluiu que a incorporação de uma complexa mistura de substâncias orgânicas biodegradáveis e de nutrientes inorgânicos, provocam uma redução da qualidade da água, além de promover o mau cheiro devido às concentrações de CH₄.

Nos demais espaços da área, onde deveria possuir vegetações ciliares, há uma plantação de milho (*Zea mays*) (Figura 6).

Figura 6 - Plantação de milho (*Zea mays*) as margens do rio prainha. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

A área não urbanizada tem apenas três metros de extensão. O rio possui a largura com cerca de nove metros, então de acordo com o Código Florestal, Lei nº 12.651:2012 a Área de Preservação Permanente-APP deveria ter uma região no mínimo de 30 metros a partir das margens, este valor é por conta da dimensão do rio que possui menos de 10 metros.

FAUNA DA ÁREA DA PESQUISA

Na região onde está delimitada a área da análise constatou-se a presença de libélula (Insecta Odonata). Conforme a pesquisa realizada por Renner, Périco e Sáhlen (2016), na Floresta Nacional (FLONA) de São Francisco de Paula – RS, indicou que a libélula é um dos indicadores da diversidade e qualidade de um determinado local, a composição da espécie permite monitorar as mudanças ambientais.

Nesse contexto, a presença de libélulas na região é uma indicadora ambiental. Apesar de não ter sido possível identificar qual era a espécie, a existência desses insetos ocorre em áreas onde há presença de cobertura vegetal úmida, pois, oferece condições adequadas para o desenvolvimento da espécie. O estudo efetuado no rio Taquarí – RS, por Consatti (2014), concluiu que na maioria dos casos ocorre maior abundância de espécies nas áreas preservadas, devido às melhores condições da cobertura vegetal.

Em suma, a ocorrência das libélulas nessa região, pode estar relacionada aos resquícios das matas ciliares e outras vegetações presentes na área, no entanto, não é possível a partir apenas dessa constatação afirmar que há qualidade ambiental positiva neste local.

Encontraram-se também borboletas (Rhopalocera), na área. A hipótese de que a presença desses insetos neste local seja indicadora da influência de esgoto sanitário no rio, como foi constatado in loco. Na pesquisa realizada por DeVries (1987), em Costa Rica, indicou que subespécies de borboletas as nectarívoras, se alimentam em particular do néctar das flores, e as frugívoras, consomem fezes, frutas fermentadas e matéria orgânica em decomposição.

QUANTO AO MEIO FÍSICO

Os dados referentes aos parâmetros físicos foram coletados nos pontos **P₁** e **P₄**, na margem esquerda do rio e calha central. Os parâmetros dos pontos **P₃** e **P₂**, por estarem dentro de uma propriedade particular, não puderam ser coletados, e foram estabelecidos por meio da projeção das posições **P₁** e **P₄**, respectivamente, bem como as coordenadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Coordenadas dos pontos da área de pesquisa. Paragominas – PA.

Pontos	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Coordenadas	S 02°58'39.9" WO 47°21'09.8"	S 02°58'40" WO 47°21'09.7"	S 02°58'39.9" WO 47°21'10.1"	S 02°58'40.0" WO 47°21'10.1"
Elevação (m)	90	88	89	90

Fonte: autores (2018)

Os dados relacionados aos quatro parâmetros ambientais (vento, ruído, luminosidade e temperatura), nos quatro pontos indicaram tendências de variações para os valores de cada parâmetro mensurado (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios obtidos nos quatro pontos analisados. Rio Prainha. Paragominas – PA.

Ponto 1				
	A ₁	B ₁	C ₁	Média
V m/s)	0,7	1,2	0,7	0,86
R (dB)	51,75	62,65	47,55	53,9
L w /m²)	29,7	40,5	59,8	43,3
T (°C)	40,6	38,65	40,75	40
Ponto 2				
	A ₂	B ₂	C ₂	Media
V m/s)	1,2	1,1	0,9	1,11
R (dB)	50.55	50.6	50.85	50,66
L w /m²)	138,2	120,2	108,3	122,2
T (°C)	40,2	41,3	39,6	40,36
Ponto 3				
	A ₃	B ₃	C ₃	Media
V m/s)	0,7	1,2	0,7	0,86
R (dB)	51,75	62,65	47,55	53,9
L w /m²)	29,7	40,5	59,8	43,3
T (°C)	40,6	38,65	40,75	40
Ponto 4				
	A ₄	B ₄	C ₄	Media
V m/s)	1,2	1,1	0,9	1,11
R (dB)	50.55	50.6	50.85	50,66
L w /m²)	138,2	120,2	108,3	122,2
T (°C)	40,2	41,3	39,6	40,36

Legendas: V – velocidade do vento; R – Ruído; L – luminosidade; T – temperatura.

Fonte: autores (2018)

Os parâmetros limnológicos foram mensurados para verificação das variações nas condições físicas e químicas, por isso, os dados obtidos indicaram que tanto na margem quanto na calha, os parâmetros ambientais provocam modificações na água (Tabela 5).

Tabela 5 – Parâmetros limnológicos e ambientais. Rio Prainha. Paragominas – PA.

MARGEM ESQUERDA				
	P ₁	P _M	P ₂	Média
CG	S 02°58'39.8" WO 47°21'09.7"	S 02°58'39.9" WO 47°21'09.6"	S 02°58'40" WO 47°21'09.6"	-
V (l/s)	0.194	0.199	0.248	0,214
C (cm)	71	65	48	61,3
L (W/m²)	65,4	107,3	124,0	98,9
R (dB)	45.3	48.2	47	46,8

Vv (m/s)	1,1	1,4	0,9	1,1
T (°C)	38,5	39,5	40,5	39,5
CALHA CENTRAL				
	P₁	P_M	P₂	Média
CG	S 02°58'39.9" WO 47°21'09.65"	S 02°58'40.1" WO 47°21'09.6"	S 02°58'40.1" WO 47°21'09.6"	-
V (l/s)	0.192	0,186	0.186	0,201
C (cm)	97	93	92	94
L (W/m ²)	55,9	106,4	124,0	95,4
R (dB)	46.4	44.8	48.2	46,5
Vv(m/s)	0,5	0,6	1,4	0,83
T (°C)	38.2	0.227	38.5	38,6

Legendas: P₁ – Ponto de coleta 1; P_M – Ponto médio para coleta; P₂ – Ponto 2 para coleta; CG – Coordenadas Geográficas; V – Vazão; C – Calado/profundidade; L – Luminosidade; R – Ruído; Vv – Velocidade do vento; T – Temperatura.

Fonte: autores (2018)

Os dados obtidos e analisados para as interações entre os parâmetros ambientais em **P₁**: ruído x velocidade do vento (Figura 7a); velocidade do vento x temperatura do ar (Figura 7b); temperatura do ar versus luminosidade (Figura 7c), houve tendência de valores médios para grandezas diretamente proporcionais (duas), bem como inversa (uma).

Figura 7 - Valores médios encontrados para: a) Ruído e velocidade do vento; b) velocidade do vento e temperatura; c) temperatura e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados obtidos para a interação entre ruído e velocidade do vento, indicou que há uma relação de grandeza diretamente proporcional, sendo linear positiva ($r = 0,96$) com forte correlação. Desse modo, observa-se que o ruído aumenta de acordo com o aumento da velocidade. Este resultado corrobora o estudo desenvolvido por Churro *et al.* (2004), em Lisboa, onde o mesmo afirma que o ruído aumenta devido ao aumento da velocidade do vento, ou seja, as grandezas se comportam de maneira diretamente proporcional.

Os dados obtidos para a análise da correlação entre velocidade do vento e temperatura, demonstrou que as grandezas são inversamente proporcionais, com relação linear negativa, de grau forte ($r = 0,99$). Assim, os dados indicam que a velocidade do vento diminui, enquanto a temperatura aumenta. Esse resultado é corroborado por um estudo efetuado na região de São Carlos - SP, por Vecchia, Oliveira (2011), no qual, concluíram que velocidade do vento e temperatura são inversamente proporcionais.

Na verificação da interação dos parâmetros ambientais entre luminosidade e temperatura, por meio dos dados, é possível inferir que as grandezas são diretamente proporcionais, com relação linear positiva e significância fraca ($r = 0,22$). Essa interação fraca, pode ser justificada pelo fato da localização do ponto 1 estar na área de margem do rio, além de sofrer interferência do sombreamento da ponte, que se localiza ao lado do ponto 1.

Esse resultado é divergente com a pesquisa de Coral *et al.* (2009), realizada em São Sebastião do Paraíso - MG, a qual indicou uma alta correlação da radiação solar e temperatura do ar. Isso pode estar relacionado com a localização dos ecossistemas analisados, visto que, a pesquisa realizada em Paragominas ocorreu em trecho do rio urbano, já poluído e com vizinhança, em detrimento do que foi realizado em São Sebastião do Paraíso, cujo corpo hídrico localiza-se no interior de um Sistema Agroflorestal - SAF.

Em relação aos parâmetros ambientais (Figura 8) mensurados em **P4**, verificou-se a relação entre as variáveis: ruído (dB), velocidade do vento (m/s²), temperatura (°C) e luminosidade (W/m²).

Figura 8 – Valores médios encontrados para: a) Ruído e velocidade do vento; b) velocidade do vento e temperatura; c) temperatura e luminosidade. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018)

Na interação entre os parâmetros ambientais ruído e velocidade do vento, foram verificados que as grandezas são inversamente proporcionais com significância forte ($r = 0,98$). Sobre essa interação, Araújo (2014), efetuou um estudo em uma policlínica odontológica na Vila Mariana, no centro-sul do município de São Paulo - SP, e concluiu que o ruído aumenta, de acordo com o sentido e direção do vento em relação à fonte para o receptor, ou seja, mesmo com a velocidade baixa, o ruído pode ser alto, pois, na medida em que o a fonte se desloca a frequência de onda fica menor e o ruído fica mais agudo.

No entanto, em uma pesquisa realizada na Linha Vermelha – RJ, por Rodrigues (2018), indicou que vários fatores podem afetar o nível de ruído, e dentre os principais destacam-se: tipo de fonte, distância percorrida, absorção atmosférica, efeito do vento, variação de temperatura, obstáculos, absorção do solo, reflexões, umidade relativa e precipitações, o que explica o comportamento diferente entre os dois parâmetros analisados no ponto um e quatro.

Quanto à interação entre os parâmetros de velocidade do vento e temperatura constatou-se que as grandezas são diretamente proporcionais com significância moderada positiva ($r = 0,52$). Em relação a essa influência, Romero (2011), efetuou um estudo nas superquadras em Brasília – DF, e concluiu que a redução da umidade do ar devido à pavimento do solo, o aumento da absorção da radiação solar e o consequente decréscimo do albedo contribuem para a formação de ilhas de calor, aumentando a temperatura do ambiente.

O ponto analisado localiza-se dentro de uma área urbana com formações de ilhas de calor, no entanto, não apresenta construções aos arredores, o que explica o aumento da temperatura e da

velocidade do ar. Em uma pesquisa realizada por Martins (2018), em um edifício da cidade de Goiânia – GO, indicou que a velocidade do vento sofre alterações em áreas com a maior presença de edifícios, pois, se tornam barreiras para a passagem do ar.

Já na relação entre os parâmetros de temperatura e luminosidade, foi verificado que as grandezas são diretamente proporcionais com significância fraca ($r = 0,24$). Sobre essa relação, um estudo efetuado por Santos *et al.* (2010), no município de Cáceres - MT, concluiu que, o clima em ambientes com maior incidência luminosa apresenta maiores temperaturas quando comparados a locais com o uso de telados.

Outra pesquisa, agora realizada em Campinas - SP, por Labaki *et al.* (2011), indicou que a radiação solar ao incidir na copa das árvores é amenizada, pois, o sombreamento e a transpiração da vegetação arbórea, faz com que temperatura do local diminua, proporcionando maior conforto térmico sobre as pessoas.

No que se refere aos fatores ambientais aferidos em **P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄**, efetua-se as interações entre Velocidade do vento; Ruído; Luminosidade e temperatura, relacionando-os com os pontos de coleta dos parâmetros (Figura 9), com ênfase para a observação que **P₃** e **P₂** são projeções de **P₁** e **P₄**.

Figura 9 – Comparação das variáveis em cada ponto de coleta.

Fonte: autores (2018)

Os dados obtidos e analisado permitem inferir que do ponto um para o ponto quatro, a variável da velocidade do vento aumentou, enquanto que o ruído diminuiu, sendo elas inversamente proporcionais, no qual, esse fato é justificado devido ao vento fazer a dispersão do ruído no ambiente. A luminosidade apresenta uma diferença significativa do ponto um para o quatro, pois o ponto um sofre influência do sombreamento da ponte, enquanto que o quatro fica localizado em uma área que a incidência solar não possui interferências externas.

Com relação aos parâmetros mensurados na margem esquerda e calha central do rio, fez-se a comparação da vazão; calado (profundidade); luminosidade e velocidade do vento (Figura 10).

Figura 10 – Comparação das variáveis da margem esquerda com a calha central do rio.

Fonte: autores (2018)

A análise dos dados mostra que a vazão na margem esquerda é maior, enquanto que o calado nesse mesmo local é menor, em contrapartida na calha central do rio a vazão diminui, porém, a profundidade aumenta. Essa ocorrência das variáveis se correlacionar de maneira inversamente proporcional pode ser justificado por conta do Princípio da Conservação de Energia, o qual afirma que ao ser diminuída a seção transversal de um fluido em escoamento, este fluido ganhará velocidade de forma proporcional à essa diminuição, de maneira a manter a conservação da energia do sistema.

CONCLUSÃO

O crescimento desordenado torna-se um dos fatores determinantes para as alterações no meio biótico e físico. Devido à ocupação irregular ao entorno do rio Prainha de Paragominas, os meios bióticos indicam que há uma grande quantidade de substâncias poluentes no corpo hídrico, uma vez que, a presença de herbácea e macrófitas, estejam relacionadas a essas condições. As variáveis físicas indicam que o ruído apresentou altos níveis, isso se deve ao crescimento urbano as margens do rio, e consequentemente o aumento do fluxo de carros. Com a retirada da mata ciliar, os níveis de luminosidade e temperatura são elevados no local. Sendo assim, o rio Prainha apresenta alterações ambientais resultantes da urbanização em áreas à margem do rio.

RECOMENDAÇÕES

- 1 - Recuperar a mata ciliar e realizar o manejo, por meio da adição de vegetações nativas no local. Efetuar o estudo detalhado do ecossistema na área (solo, sedimento de fundo), e a análise fitossociológica para caracterizar a vegetação apropriada a ser plantada no local.
- 2 - Desapropriar o espaço que há a plantação de milho, pois é uma área de preservação permanente, portanto tem que haver apenas vegetações que proteja a área.
- 3 - Instalar uma pequena estação de tratamento de esgoto, pois o bairro não trata adequadamente os efluentes antes de lançar no rio, o que provoca danos ao meio ambiente.
- 4 - Além de um sistema de drenagem das águas pluviais adequado para receber o escoamento superficial da área e encaminhar para o rio, sem a presença do efluente residencial da região.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, A., RIBEIRO FILHO, B. G. Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. **Revista Acta Scientiarum**. Maringá, v. 34, n. 2, p. 173-179, abr./jun. 2012.

ARAÚJO, E. C. C. **Níveis de Pressão Sonora no ambiente de uma policlínica odontológica**. 2014. Tese (Mestrado em Bioengenharia e Saúde do Trabalhador). Universidade do Vale do Paraíba, São Paulo, 2014.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: MCT; IDSM; CNPq, 2007. p. 1 – 364. il. 1 CD-ROM.

BAR-ZEEV, M.; ASSARAF, Y. G.; LIVNEY, Y. D. β -casein nanovehicles for oral delivery of chemotherapeutic drug combinations overcoming P-glycoprotein-mediated multidrug resistance in human gastric cancer cells. **Oncotarget**, v. 7, n. 17, p. 23322, apr. 2016.

BAY, A. M. C.; SILVA, V. P. Percepção ambiental de moradores do bairro de liberdade de Parnamirim/RN sobre esgotamento sanitário. **Revista HOLOS**. Natal, v.3, p. 97-112, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.651:2012, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-actualizada-pl.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2018.

BRASIL. Resolução Conama nº 001:1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em: 22 mar. 2018.

CHURRO, D.; ZAMBUJO, M. J.; RODRIGUES, C. C.; COELHO, J. L. B. Parques eólicos – estudos dos impactos no ambiente sonoro - I influência no ruído local. **Acústica**, Portugal, v.1, p.1-5, 2004.

CONSATTI, G.; SANTOS, D. M.; RENNER, S.; PÉRICO, E. Presença de Odonata em áreas preservadas e não preservadas nas matas ciliares do rio taquari. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**. Canoas, n.12, p.57-65. 2014.

CORAL, G.; COLTRI, P. P.; PINTO, H. P.; ZULLO JÚNIOR, J.; RAMIREZ, G.M.; MARIN, F. R.; LAZARIM, C. G. Relações entre a temperatura do ar, a radiação solar e a temperatura das folhas de cafeeiros, em dia com alta nebulosidade. In: Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE), 16, 2009, Minas Gerais. **Anais...** Viçosa: UFV; Sete Lagoas

DEVRIES, P. J. The butterflies of Costa Rica and their natural history. **New Jersey: Princeton University Press**, v.1. 1987.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. **Revista Política Hoje**. Pernambuco, v. 18, n. 1, p. 115 – 146, 2009.

GERHARDT T. E.; SILVEIRA D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150550>. Acesso em: 22 mar. 2018.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. A. vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil**. Brasília: MMA, 2016.

LIMA, A. L.; SOUZA, P. A., OLIVEIRA, A. G.; CARVALHO, M. G. C., SILVA, R. R. Diagnóstico ambiental e proposta de plano de recuperação da app do córrego Sussuapara. **Nucleus**. Tocantins, v.14, n.1, p.197-211, abr. 2017.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. **Gestão sustentável dos recursos naturais**. 21 ed. Paraíba. Vozes, 2013.

MARTINS, Y. L. D. **Ação dinâmica do vento em edifícios altos**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

MINNAERT, B.; VEELAERT, P., The suitability of organic solar cells for different indoor conditions. **Advances in Science and Technology**. Trans Tech Publications, p. 170-175. 2010.

NEVES, P. F. C; TAUCHEN, G. Cursos de graduação em ecologia no Brasil: aproximações paradigmáticas. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v.17, n.1, p. 79-96, jan. /mar. 2014.

PINTO, A.; AMARAL, P.; JUNIOR SOUZA, C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R.; GOMES, G.; BALIEIRO, C. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do município de Paragominas**. Belém - PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. p.1- 65, jun. 2009. Disponível em: <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/outros/iagnostico-socioeconomico-e-florestal-do.pdf>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

PRODANOV C. C.; FREITAS E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**: 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RENNER, S.; PÉRICO, E.; SAHLÉN, G. Man-made lakes form species-rich dragonfly communities in the Brazilian Atlantic Forest (Odonata). **Odonatologica**. Netherlands, n.45, p.155-177. dez. 2016.

RIBEIRO, J; CRISTO, S. Comunidade de aves na zona urbana de Paragominas, Pará. **Atualidades Ornitológicas**, n. 198, p. 33-41, jul. /ago. 2017.

RODRIGUES, S. V. C. A sustentabilidade ambiental versus o desenvolvimento urbano: uma contraposição de interesses na cidade do rio de janeiro. *In: Direito e Sustentabilidade II*. Org. COMPENDI/UFBA. p.162-182. 2018.

ROMERO, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Revista Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 9-22, 2011.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos e Iniciação Científica**. São Paulo: Paulus, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANEPAR. AGÊNCIA DE SANEAMENTO DE PARAGOMINAS. **Bacia do Uraim**. 2014. Disponível em: http://saneparagominas.com.br/agua/bacia_uraim/. Acesso em: 22 mar. 2018.

SANTOS, A. R.; PACCA, M. C. S.; ILHO, F. R. B. Mata ciliar e o novo código florestal. **Revista JINCEX**, v. 2, n.2, 2013.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010.

SILVA, J. S. **Projeto de recomposição florestal da área de preservação permanente do parque da cidade**. Uberaba: Secretária Municipal do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/meio_ambiente/arquivos/agenda_verde/parque_da_cidade.pdf. Acesso em 23 mar.2018.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. E. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos da Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009, p. 31 – 43.

TRINDADE, C. R.; PEREIRA, S. A.; ALBERTONI, E. F.; SILVA, C. P. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do campus carreiros – FURG. Rio Grande, rs. **Revista cadernos de ecologia aquática**. Rio grande, v.5, n.2. p.122, ago./dez. 2010.

VALE, M.B; AZEVEDO, P. V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **Revista Holos**, v. 3, p. 181-195. 2013.

VECCHIA, F.; OLIVEIRA, M. J. **As influências do fluxo de ventos e das trocas térmicas por radiação nos registros da temperatura externa do ar**. Disponível em: http://www1.eesc.usp.br/ppgsea/files/Ref2011_As_influencias_do_vento_e_das_trocas_por_radiacao_na_temperatura_do_ar.pdf. Acesso em: 02 fev. 2019.

VILANOVA, L. C. Mecânica dos fluidos. 6. ed. Santa Maria: E-Tec, 2010.

Milla Cristina Santos da Cruz
Concluinte de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental

Ana Paula dos Santos Silva
Concluinte de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental

Carlos Otávio Rodrigues dos Santos
Concluinte de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará

Departamento de Engenharia Ambiental

Nathalia de Souza Lima

Concluinte de Engenharia Ambiental

Universidade do Estado do Pará

Departamento de Engenharia Ambiental

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais

Universidade do Estado do Pará

Departamento de Engenharia Ambiental

antonio.junior@uepa.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 17 -

AValiação dos parâmetros morfológicos na qualidade de mudas de Paricá, *Schizolobium Amazonicum* Huber ex Duck, produzidas no viveiro da SEDAP, Paragominas – PA

Ada Kenneth Damasceno Costa, Kássya Melissa Oliveira de Souza, Matheus Sarges de Freitas, Narjara Raissa Moraes Nascimento, Henriqueta da Conceição Brito Nunes

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-17

INTRODUÇÃO

O Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) é uma espécie florestal encontrada nos Estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia. A espécie tem conquistado valor entre as espécies utilizadas para o reflorestamento no Brasil, pois apresenta aspectos de altura e diâmetro que possibilitam sua utilização em poucos anos. Segundo o Centro de Pesquisa do Paricá (CPP), localizado no município de Dom Eliseu, no sul do Pará, que representa a grande maioria dos plantadores de paricá dos Estados do Pará e Maranhão, estima-se que, nestes Estados, existe em torno de 40.000 hectares da espécie plantados (SOUZA; CARVALHO; RAMOS, 2005).

A madeira do Paricá apresenta facilidade em relação à remoção da casca, laminação, secagem, prensagem e excelente acabamento. Em razão dessas características e propriedades adequadas à madeira de paricá vem sendo utilizada pelas indústrias de lâminas e compensados (MARQUES; YARED; SIVIERO, 2006).

A região de Paragominas, foi um dos maiores centros de produção de madeira de florestas naturais, na Amazônia, e com a implantação dos projetos agropecuários em áreas de florestas, rapidamente chegou à escassez da oferta de madeira, proveniente dessa fonte. Enquanto diversas indústrias de serrarias migraram para outras localidades com abundância de florestas, outras empresas permaneceram na região e apostaram no reflorestamento com o paricá (YARED, 2007).

Segundo Almeida *et al.* (2013), em algumas cidades do interior do Pará, as áreas com reflorestamento de Paricá atingiram produção volumétrica de 38m³/ha por ano, em plantios com árvores em torno de seis anos de idade. Apesar dessa produtividade ainda não existe material propagativo que tenha passado por seleção.

Os critérios utilizados na seleção das mudas para o plantio são baseados em parâmetros que, na maioria das vezes, não determinam a real qualidade das plantas. Uma vez que o padrão de qualidade varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes sítios ecológicos (GOMES; PAIVA, 2004).

Na determinação da qualidade das mudas prontas para o plantio, os parâmetros utilizados baseiam-se ou nos aspectos fenotípicos, denominados de morfológicos, ou nos internos das mudas, denominado de fisiológicos. No entanto, os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão mais intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carente de uma definição mais acertada para responder as exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio definitivo (GOMES *et al.*, 2002).

As mudas produzidas serão utilizadas para fomentar os produtores rurais da região, desde que atendam um padrão de qualidade, que permita a sobrevivência da mesma, evitando assim o replantio e consequentemente gastos desnecessários, além de proporcionar um maior rendimento. Pelo exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar e mensurar os parâmetros morfológicos em mudas de *S. amazonicum* em diferentes tipos de substrato em um viveiro público de produção de mudas no município de Paragominas-PA.

MATERIAL E METODOS

Este experimento foi instalado no viveiro da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP) de Paragominas – PA, onde utilizou-se sementes da espécie *S. amazonicum*, com 89% de poder germinativo, adquiridas do Laboratório de sementes da Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Estado do Pará (AIMEX). O tratamento escolhido para a quebra da dormência foi a escarificação mecânica, de acordo com Cruz e Carvalho (2006).

O semeio foi efetuado diretamente em sacos de polietileno de 18 x 25 cm, colocando-se uma semente por saco. As mudas foram colocadas no chão formando arranjos com as seguintes dimensões: canteiros com até 1,20m de largura independente do comprimento, com um espaçamento de aproximadamente 60cm entre um canteiro e outro a fim de permitir o trânsito entre eles.

Os tratamentos utilizando substratos sem adubação química e com adubação química foram assim constituídos: 1º tratamento: substrato usado no viveiro da SEDAP, composto de terra preta, composto orgânico e argila na proporção de 3:1:0,5. O 2º tratamento utilizou o mesmo substrato descrito acima enriquecido com o adubo químico N-P-K 10-10-10, na ordem de 10g para cada 1kg de substrato. O composto orgânico utilizado no substrato foi o produzido pela SEDAP a partir de esterco bovino (40%) e palha de arroz (60%). Resumidamente, o experimento foi composto por dois tratamentos (substrato sem adubo químico e substrato com adubo químico), com três repetições de 100 sementes.

Os parâmetros morfológicos utilizados para a determinação da qualidade das mudas no experimento foram: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), peso da matéria seca total (PMST), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (RHDC), relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e altura da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca das raízes (RPPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea foi medida do substrato até a ponta da última folha, com auxílio de uma régua graduada, enquanto que, o diâmetro do coleto foi mensurado próximo ao substrato, por um paquímetro digital. As determinações dos pesos de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR) foram efetuadas a partir do material seco em estufa, regulada para 75°C, por 48 horas. O peso de matéria seca total (PMST) foi à soma dos pesos citados acima. As relações entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (RHDC) foram determinadas com a divisão simples dos valores obtidos.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), com a aplicação da Equação 1 (GOMES; PAIVA, 2004). As medições foram realizadas aos 30 e 90 dias após o semeio, sendo utilizadas seis mudas de cada tratamento por período. Após a coleta os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 1%.

$$IQD = \frac{PMST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{PMSPA(g)}{PMSR(g)}} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise de variância para o peso de matéria seca total (Tabela 1), observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem adubação química, o que também foi observado para todos os parâmetros estudados, indicando neste caso, que à produção de mudas da espécie *S. amazonicum* em viveiro inicialmente não precisa de adubação química adicional, provavelmente em virtude da semente possuir reservas suficientes para o início do processo de germinação. Em relação ao crescimento inicial dessa espécie, observou-se que a utilização do

composto orgânico esterco bovino (40%) e palha de arroz (60%) juntamente com a terra preta contribuiu para o estabelecimento inicial das mudas.

Tabela 1 – Demonstrativo da análise de variância do parâmetro peso de matéria seca total (PMST) das mudas de paricá (*S. amazonicum*), aos 90 dias após a semeadura. Paragominas-PA. **Fonte:** autores (2018).

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0.23474	0.23474	0.9904 <i>ns</i>
Resíduo	34	8.05838	0.23701	
Total	35	8.29312		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$);

ns não significativo ($p > 0,05$)

A análise dos dados obtidos, após 30 dias de semeio, indicou que os valores para o parâmetro altura da parte aérea em todas as parcelas apresentaram valores aproximados, bem como, o desenvolvimento inicial foi elevado tendo alcançado praticamente mais da metade do crescimento em altura e quase 90% do diâmetro do coleto, encontrado ao final do experimento (Tabela 2).

Tabela 2 - Desenvolvimento das mudas de paricá (*S. amazonicum*) em relação à altura do caule (H), diâmetro do coleto (DC) e da relação entre altura e diâmetro do coleto (RHDC), aos 30 dias após a semeadura sob condições de 75% de sombreamento. Paragominas-PA.

Tratamento	Repetições	H (cm)	DC (mm)	RHDC
C/ NPK	1	27,03	3,13	8,6925
C/ NPK	2	25,43	3,26	7,7967
C/ NPK	3	24,35	2,98	8,2242
S/ NPK	1	25,20	3,18	7,9289
S/ NPK	2	27,31	2,95	9,3849
S/ NPK	3	26,55	2,98	8,9285

Fonte: autores (2018)

Na análise dos dados obtidos, todos os tratamentos apresentaram o coeficiente de robustez (RHDC) abaixo de 10, padrão considerado bom para espécie florestais, segundo por Birchler *et al.* (1998). Logo, as condições ambientais e de produção vegetal realizadas pela SEDAP no fomento das mudas para produtores rurais, paisagismo, arborização urbana e demais solicitantes atendem aos padrões de conformidade exigidos pelo mercado, apesar de não haver a comercialização de mudas.

Ainda sobre RHDC, este é um parâmetro não destrutivo e que expressa um equilíbrio no crescimento, o que facilita a medição tanto da altura do caule como do diâmetro do coleto, e que pode ser aplicado a várias espécies florestais. Onde mudas que apresentam maior altura e maior diâmetro do coleto, apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo, no entanto, em relação à sobrevivência tem apresentado resultados contraditórios (GOMES; PAIVA, 2004).

Acerca do desenvolvimento, Marques (1990), efetuou estudo e concluiu que o tempo necessário para a formação de mudas em condições de plantio é de dois meses, desde a semeadura direta em sacos plásticos até atingirem altura entre 20 e 30 cm, desenvolvimento muito próximo ao encontrado nesse experimento, uma vez que a germinação teve início a partir de três dias após o semeio. No experimento realizado em Paragominas, as mudas produzidas em sacos de polietileno apresentaram um bom desenvolvimento, atingindo, aos 90 dias após a semeadura, entre 28,93 e 30,43 cm de altura da parte aérea.

Em relação aos parâmetros morfológicos aos dados obtidos e avaliados, indicaram que os valores foram compatíveis à uma boa produção de mudas de paricá (*S. amazonicum*). Quanto a esse tipo de padrão, foi realizada uma pesquisa por Gomes (1978) e os dados por ele obtidos indicaram que a altura da parte aérea é de fácil medição e, portanto, pode ser utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros.

Em outras duas pesquisas, Mexal e Lands (1990) e Reis et al. (1991), indicaram que essa estimativa é um dos parâmetros morfológicos mais importantes para estimar o crescimento no campo, uma vez que não causa danos a muda, o que foi confirmado com a conclusão do estudo efetuado por Carneiro (1995), pois, para esse pesquisador, a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto, são dois importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas antes e após o plantio definitivo no campo.

Quanto aos oito parâmetros analisados, os dados obtidos indicaram que houve tendência a variações nos valores percentuais da contribuição dos parâmetros estudados. No entanto, a relação altura/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) e altura do caule, foram os parâmetros que mais contribuíram na qualidade das mudas. A relação RHPMSPA apresentou a maior contribuição, mostrando a sua importância, apesar de ser um parâmetro destrutivo (Tabela 3).

Tabela 3 - Demonstrativo dos parâmetros morfológicos aos 90 dias após o semeio; altura (H); diâmetro do coleto (DC); relação altura/diâmetro do coleto (RHDC); peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA); PMSR- peso da matéria seca das raízes; PMST- peso da matéria seca total; RHPMSPA- relação altura/ peso da matéria seca da parte aérea; RPPAR- relação peso da matéria seca da parte aérea/ peso da matéria seca das raízes; IQD- índice de qualidade de Dickson.

Tratamento	Rep	H (cm)	DC (mm)	RHDC	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	RHPMSPA	RPPAR	IQD
C/ NPK	1	30,1	3,5	8,6	0,6	0,4	1,0	71,1	3,2	0,0
C/ NPK	2	30,4	3,7	8,1	1,0	0,2	1,2	32,8	6,4	0,0
C/ NPK	3	28,9	3,7	7,6	1,4	0,2	1,7	19,8	6,3	0,1
S/ NPK	1	30,4	3,7	8,2	1,2	0,1	1,3	33,7	8,2	0,0
S/ NPK	2	30,7	3,5	8,6	0,9	0,3	1,3	33,6	4,1	0,1
S/ NPK	3	30,3	3,5	8,5	0,7	0,2	0,9	45,8	3,4	0,0

Fonte: autores (2018)

O agrupamento dos dados coletados contribuiu para uma melhor e mais completa avaliação da qualidade na produção de mudas, extinguindo a possibilidade de eliminar algum parâmetro. A observação e o acompanhamento dos parâmetros morfológicos mostrou-se um método eficiente para auxiliar na determinação da qualidade de mudas em viveiros, e que estejam aptas para o plantio definitivo no campo, favorecendo assim o produtor rural. Concordando com os estudos realizados por Fonseca (2000), que afirma que esses parâmetros são importantes para o sucesso do desempenho das mudas após o plantio no campo. Bem como, de acordo com Gomes et al. (2002), os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas.

CONCLUSÃO

Após 90 dias do semeio, as mudas de *S. amazonicum* para todos os parâmetros estudados, não apresentaram diferença estatística significativa entre si, por isso, conclui-se que não há necessidade de adição de adubo NPK ao substrato, pois a qualidade das plantas apresentou um crescimento semelhante nos tratamentos testados, demonstrando que a espécie possui um desenvolvimento de germinação normal, desde que seja realizada a quebra de dormência.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. H. *et al.* Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.6, p.1175- 1181, 2013;
- BIRCHLER, T. *et al.* La planta ideal: revision del concepto, parámetros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v.7, n.1/2, p.109-121, 1998.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995;

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Métodos de superação de dormência em *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke - sementes (Leguminosae Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.108-115, 2006.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GOMES, J. M. *et al.* Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116p.;

GOMES, J. M.; *et al.* Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**. Viçosa, v.26, n.6, p. 655-664, 2002.

MARQUES, C. L. T. Comportamento inicial de Paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim marandu, em Paragominas - Pará. 1990. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M, A. A evolução do conhecimento sobre paricá para o reflorestamento no estado do Pará. Belém: Embrapa, 2006.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target Seedling Symposium, Meeting of The Western Forest Nursery Associations, General Technical Report Rm-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

REIS, M. G. F. *et al.* Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v. 15, n.1, p. 23-34, 1991.

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke)**. Belém: Rede de Sementes da Amazônia, 2p. (Informativo Técnico), 2005.

YARED, J. A. G. **Uso comercial de espécies nativas: a experiência com o paricá**. Caderno Opiniões. mar./mai 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/376987/1/39918.pdf>. Acesso: 19 dez. 2018.

AGRADECIMENTOS

À Prefeitura Municipal de Paragominas, em especial a Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP) de Paragominas – PA, por todo o apoio na execução desse trabalho.

ADA KENNETH DAMASCENO DA SILVA

Graduanda em Engenharia Florestal
Universidade do Estado do Pará
kennethada027@gmail.com

NARJARA RAISSA MORAES NASCIMENTO

Graduanda em Engenharia Florestal
Universidade do Estado do Pará
nrhayssa@gmail.com

KASSYA MELISSA OLIVEIRA DE SOUZA

Graduanda em Engenharia Florestal
Universidade do Estado do Pará
engkassya@gmail.com

MATHEUS SARGES DE FREITAS

Graduanda em Engenharia Florestal
Universidade do Estado do Pará
matheusfreitas14ret@gmail.com

HENRIQUETA DA CONCEIÇÃO BRITO NUNES

Engenheira Agrônoma
Departamento de Engenharia Florestal
Universidade do Estado do Pará
quetanunes@gmail.com

IMPACTOS AMBIENTAIS EM MANANCIAIS URBANOS E A QUALIDADE DA ÁGUA

Ana Paula dos Santos Silva; Jacqueline Gomes da Silva; Nathalia de Souza Lima; Samya de Freitas
Moreira; Antonio Pereira Junior
DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-18

INTRODUÇÃO

O impacto ambiental caracteriza-se pela alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante, exclusivamente, das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (MECHI; SANCHES, 2010).

Normalmente, o impacto ambiental se dá devido ao rápido desenvolvimento econômico, sem o controle e manutenção dos recursos naturais. Consequentemente, ocorre danos a vários recursos naturais como, por exemplo, a água (AMORIM *et al.*, 2010; BALLINAS; BARRADAS, 2016).

No Brasil, em 1997, a Lei 9.433 criou a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com o objetivo de assegurar às atuais e às futuras gerações, água em quantidade e qualidade suficientes por meio de seu uso racional e integrado, da prevenção contra eventos hidrológicos críticos e das ações de defesa contra poluição. O fato de a PNRH buscar garantir as atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade da água em padrões de qualidade dos usos correspondentes é a materialização do princípio da solidariedade intergeracional ((BRASIL, 1997; COSTA *et al.*, 2013).

A água é um bem de domínio público, de uso social e é um recurso natural que pertence a toda a sociedade. Contudo, se trata de um recurso natural limitado, e por isto sua utilização está sujeita às normas previstas na legislação brasileira. Sobre o Regime das águas, a Constituição Federal de 1988, art. 225, ao incumbir a coletividade e o Poder Público de defenderem a água ou os recursos hídricos, considerados como um bem ambiental essencial à vida humana (AITH; ROTHBARTH, 2015; BRASIL, 1988).

A redução da disponibilidade qualitativa e quantitativa da água tem sido tema de discussões nos meios científicos e políticos, e está diretamente associada aos usos e ocupação da terra e aos processos produtivos nos aglomerados urbanos, a partir do aumento do escoamento superficial oriundo da impermeabilização do solo, e da geração de efluentes domésticos e industriais (tratados ou não), dentre outros fatores. As características da urbanização e dos processos produtivos nos centros urbanos configuram unidades paisagísticas específicas, que podem, por sua vez, ser relacionadas à qualidade ambiental, inclusive da água (BARBOSA *et al.*, 2012; OLIVA JÚNIOR; SOUZA, 2012).

Quanto a água que abastece as cidades, elas são captadas a partir de um manancial que são as fontes, superficiais ou subterrâneas, utilizadas, também, para a manutenção de atividades econômicas. As áreas de mananciais compreendem as porções do território percorridas e drenadas pelos cursos d'água, desde as nascentes até os rios e represas (ROCHA; FREITAS; SILVA, 2014).

Todavia, o rápido crescimento das cidades, após a década de 1960, quando a população urbana passou de 45% para 81% em 2010, ocorreu, em muitos casos, de forma desordenada, com vários desafios a serem enfrentados pelo planejamento e pelo desenho urbano, não apenas no aspecto físico das cidades, mas também naqueles relativos à regulamentação social, política, econômica e ambiental. Como resultado do processo de crescimento, a expansão da cidade passou a invadir os mananciais hídricos que outrora eram isolados e estavam distantes da ocupação urbana (CORSI *et al.*, 2010; SILVA; LUZ NETTO; RODRIGUES, 2010).

Dentro de um processo de expansão e ocupação de uma área de manancial de forma irregular, os impactos ambientais são inevitáveis e não se restringem aos limites geográficos da área em que está localizado o dano, e podem atingir, inclusive, dimensões regionais e quiçá supranacionais (EYLES; MERIANO; CHOW-FRASER, 2013).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), já apresenta sérios problemas para garantir água em quantidade e qualidade adequada para seus 19 milhões de habitantes. A má gestão desse recurso resulta na destruição de importantes fontes de água, em altas taxas de desperdício e na destruição de seus mananciais pela expansão urbana (SARDINHA; CONCEIÇÃO; GODOY, 2010; VASCONCELOS; SOUZA, 2011).

Os loteamentos clandestinos, não atendidos pela infraestrutura básica de saneamento, acabam por despejar seus esgotos nos mananciais. Neste quesito, é perceptível, e com extrema frequência, o descumprimento da Resolução CONAMA 357:2005, a qual não permite o lançamento de efluentes, direta ou indiretamente, nos corpos hídricos, sem o devido tratamento. Este tipo de poluição pontual, resulta além de vários problemas socioambientais, em impactos significativos sobre a vida aquática e o meio ambiente como um todo (BRASIL, 2005; GUTIERREZ *et al.*, 2016).

Por exemplo, a matéria orgânica presente nos dejetos, ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de bactérias aeróbias. Isso ocorre, porque o aumento da disponibilidade de nutrientes (especialmente fosfatos e nitratos) na água, geralmente ocasionado pela emissão de esgotos domésticos, propicia a proliferação de tais microorganismos, que utilizam os abundantes nutrientes em sua alimentação (CORSI *et al.*, 2014).

Consequentemente, o aumento na população de bactérias aeróbias leva a um grande consumo do oxigênio dissolvido na água, o que reduz drasticamente sua concentração. Isso causa impactos a vida aquática aeróbica, como a morte por asfixia de peixes, crustáceos e moluscos (CASSANELLI; ROBBINS, 2013).

Quanto ao crescimento populacional em áreas de mananciais, isso gera impactos ambientais como: a impermeabilização do solo, remoção florestal, aumento de lançamento direto de lixo e esgoto e a localização de aterros sanitários em mananciais. Esta pressão traz como efeitos à qualidade da água, o aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes e outros contaminantes (LIVESLEY; McPHERSON; CALFAPIETRA, 2016).

De acordo com empresas de saneamento do Brasil como, por exemplo: Companhia de Abastecimento d'Água e de Saneamento do Estado de Alagoas (CASAL), Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), Empresa de Saneamento de Mato grosso do Sul (SANESUL) e a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), o desenvolvimento urbano foi considerado o fator/impacto ambiental que mais afeta a conservação dos mananciais (MECHI; SANCHES, 2010).

Em relação a remoção florestal, a legislação brasileira estabelece como fundamento de proteção de mananciais, o Código Florestal, Lei 12.651:2012, que determina a preservação da vegetação situada nas proximidades de lagos, lagoas ou reservatórios de água naturais ou artificiais. Nesse sentido, a lei é enfática ao considerar os locais onde há reserva de recursos hídricos como Áreas de Preservação Permanente (APP's), sejam elas federais, estaduais ou municipais (BRASIL, 2012).

Quanto aos fatores industriais (Ex: técnicas de produção não sustentáveis e o uso e exploração de recursos naturais), eles acarretam a redução da disponibilidade da água e a competição pela água de boa qualidade para fins de abastecimento público e industrial, próximo aos centros urbanos, o que concorre para um recurso com qualidade cada vez mais baixa (ALLERT; COLE-NEAL; FAIRCHILD, 2012; GREEN *et al.*, 2014; MCLNTYRE *et al.*, 2015).

Sobre a prática agrícola, a magnitude deste impacto relaciona-se ao uso e manejo do solo. De maneira geral, a agricultura degrada paulatinamente os recursos pela erosão do solo e o uso indiscriminado dos adubos nitrogenados, agrotóxicos, pesticidas, onde há a geração de agentes contaminantes na água como, por exemplo, o arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e o mercúrio (Hg). Estes fatores e os efeitos por eles gerados, não ocorrem de forma isolada, pois, há

uma inter-relação dos fatores urbanos, industriais e rurais na degradação dos mananciais (MOURA; ZAIDAN, 2017).

A diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade dela, o que compromete os recursos hídricos e, por consequência, os usos para os diversos fins. O termo “qualidade da água” relaciona-se ao conjunto de características físicas, químicas e biológicas que apresenta, de acordo com a utilização preponderante. Os padrões de classificação mais usados (Ex: Portaria 5:2017, Resolução CONAMA 357:2005 e a Resolução CONAMA 430:2011), classificam a água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem-estar dos ecossistemas (LIMA *et al.*, 2010).

Ademais, a qualidade da água é um aspecto indispensável, quando se trata dos principais usos: o abastecimento humano, que tem sofrido restrições significativas em função dos prejuízos em mananciais, provenientes das ações antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade hídrica disponível para o uso humano (ALIG; KLINE; LICHTENSTEIN, 2015; NOGUEIRA; COSTA JÚNIOR; COIMBRA, 2013).

Então, os impactos das ações antrópicas em mananciais urbanos, podem provocar alterações na qualidade de água, que necessitam ser estudadas, o que justifica essa pesquisa, cuja relevância é incrementada pela elaboração de informações necessárias sobre os efeitos ocasionados e, por fim, alcançar o objetivo, que é a realização de uma revisão bibliográfica a respeito dos impactos ambientais em mananciais urbanos e os efeitos deles sobre a qualidade da água.

METODOLOGIA

O método aplicado neste estudo, enquadra-se como dedutivo, a partir do que foi descrito por Prodanov e Freitas (2013): ele é composto por duas proposições verdadeiras que deduzidas levam a uma conclusão indiscutível: (1) o impacto ambiental refere-se, exclusivamente, aos efeitos da ação humana e (2) as ações antrópicas podem afetar a qualidade da água. O que leva a conclusão indiscutível de que: o despejo indevido de esgoto doméstico e industrial, a falta de planejamento urbano e o desflorestamento, são alguns dos fatores que contribuem para a poluição e degradação dos mananciais urbanos.

A pesquisa possui uma abordagem qualitativa de acordo com o que foi sintetizado por Silveira e Córdova (2009), à medida que não ocorreu uma preocupação com a representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito. Quanto à natureza, a pesquisa classifica-se como básica, em razão do que escreveram Sakamoto e Silveira (2014), uma vez que procura gerar conhecimentos novos, úteis para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista. Em relação ao procedimento da pesquisa, classifica-se como exploratória, em anuência do exposto por Severino (2017), cuja proposta é fornecer maior familiaridade com o problema de pesquisa, de forma a torná-lo mais explícito.

O levantamento dos dados documentais foi efetuado em periódicos nacionais e internacionais, indexados, com recorte temporal para os últimos nove anos (2010 – 2018), a fim de selecionar literaturas, cuja as informações são atuais. Quanto as bases para o levantamento de dados foram: Google Acadêmico, *Science Eletronic Library* (SciELO) e Coordenação de Pesquisa e Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES). É importante ressaltar que o período delimitado não foi totalmente respeitado ao longo da pesquisa, à medida que se utilizou aparatos legislativos publicados anteriormente ao recorte temporal proposto.

Para a seleção das publicações, foram utilizados os seguintes descritores: impactos ambientais: conceito; e mananciais urbanos: definição e caracterização. Para a inclusão dos artigos, foram determinadas e analisadas as seguintes condições: presença dos descritores, além das informações específicas sobre: autor, ano da publicação, e a existência do devido registro (International Standard Book Number (ISBN), *International Standard Serial Number* (ISSN) e Digital Object Identifier (DOI).

Isso permitiu o descarte de publicações repetidas e cujo cerne não estivesse relacionado ao tema desse estudo. Após avaliação, os trabalhos que atenderam aos critérios de seleção e análise crítica foram utilizados para redigir a revisão bibliográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CRESCIMENTO POPULACIONAL ALIADO AO LANÇAMENTO DE ESGOTO EM CORPOS D'ÁGUA.

As análises efetuadas nos artigos selecionados indicaram que a ocupação desordenada às margens de recursos hídricos aliada ao lançamento de águas servidas em mananciais brasileiros, são um dos principais causadores de profundas alterações da qualidade da água (AITH; ROTHBARTH, 2015).

Um estudo elaborado por Vasconcelos e Souza (2011) em Belém – PA, concluiu que há uma relação entre o crescimento populacional da área e o aumento da produção de esgoto não tratado lançado nos corpos d'água. E como consequência, observaram alterações importantes nas variáveis físicas: cor e turbidez; e nas variáveis biológicas: coliformes totais e variáveis químicos, N-amoniacal e nitratos, em desconformidade com a CONAMA 357:2005.

Outro estudo, agora efetuado por Rocha, Freitas e Silva (2013) na Represa Dr. João Penido em Juiz de Fora - PB, também concluiu que há uma relação entre o crescimento urbano e aumento do lançamento de esgoto em mananciais, ao verificarem a presença de elevados coeficientes de cloreto (Cl⁻) e nitrogênio (N), característico da falta de saneamento básico.

RETIRADA DA COBERTURA VEGETAL

Um impacto decorrente da urbanização e uso do solo é a retirada da cobertura vegetal. Uma pesquisa realizada por Costa *et al.* (2013), em São Paulo – SP, indicou que a urbanização é responsável por aumentar o volume e a taxa de escoamento superficial dos rios, alterando a morfologia e a qualidade da água. Como consequência da perda de vegetação marginal, há uma redução do material orgânico (que abastece a cadeia alimentar aquática), elevação da temperatura da água, além de colaborar para que ocorra o processo de lixiviação, o que provoca poluição difusa devido aos poluentes dissolvidos no solo.

De acordo com os mesmos autores, mais de 70% dos municípios do estado de São Paulo – SP, são totalmente ou parcialmente abastecidos por fontes subterrâneas provenientes de grandes aquíferos como o Guarani, o que pode gerar uma superexploração com consequências graves, como o rebaixamento do nível potenciométrico e a redução da água superficial.

No estudo efetuado por Sardinha, Conceição e Godoy (2010) os autores concluíram que ocorreram alterações na qualidade da água na bacia do Ribeirão do Meio Leme em São Paulo - SP, à qual é constituída por cinco principais sub-bacias: Ribeirão do Meio, Córrego da Invernada, Constantino, Jequitibá e Taquari. O estudo indicou, que 27,8% das bacias analisadas apresentam impacto ambiental alto ou preocupante e 5,6% apresentou impacto muito alto, devido aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Esses impactos são agravados quando ocorre o mau uso e retirada da vegetação nativa da nascente, como ocorreu no Rio Piauí, em Sergipe – PE. A pesquisa realizada no município de Riachão do Dantas – PE por Olívia Júnior e Souza (2012), indicou que a ação antrópica acarretou o assoreamento do rio, devido a retirada da mata ciliar, o que torna a área mais propícia a erosão, desagregação do solo, arranque, transporte e deposição de sedimentos.

Em contrapartida, o estudo efetuado no rio Parauapebas – PA, por Amorim *et al.* (2010), concluiu que o manancial que abastece a cidade apresentou uma boa qualidade ambiental da água, em conformidade com a CONAMA 357:2005, apesar da acentuada expansão urbana próxima ao

manancial de abastecimento no município. Isso deve-se ao fato de que em alguns pontos do rio ainda apresentam a preservação da mata ciliar.

EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS

Uma pesquisa realizada no manancial do Rio das Araras – SP por Costa *et al.* (2015), indicou que, os rios em domínio agrícola, apresentam qualidade inferior, quando comparados aos rios que possuem vegetação nativa, pois há a diminuição do potencial de infiltração do solo e consequentemente, a redução da vazão nos mananciais superficiais.

Ainda em relação a atividades econômicas, um estudo efetuado por Moura e Zaidan (2017) em Carrancas – MG, ao compararem a qualidade da água superficial da Represa de Camargos, no que se refere às taxas de turbidez, em períodos distintos da atividade florestal de eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Ao longo de um período de cinco anos (2004 – 2009), concluíram que, durante o período de corte das árvores (inverno) e o período posterior ao corte (primavera), as taxas médias de turbidez das águas monitoradas aumentaram expressivamente. Tal fato inferiu que a atividade contribui para o assoreamento dos cursos fluviais.

Além das atividades agrícolas e extrativistas, a atividade industrial também é causadora de impactos em mananciais. As análises realizadas no município Feira de Santana – BA, por Lima *et al.* (2010) indicaram que as amostras de água dos poços escavados, poços tubulares e nascentes, de maneira geral, apresentaram em torno de 0,02 a 0,05 mg/L de chumbo (Pb), os quais são relacionados às práticas comuns em áreas industriais. Visto que, o chumbo é um dos contaminantes ambientais mais tóxicos para os homens e animais, e que pode entrar no organismo pelo consumo da água ou pelo alimento contaminado.

QUANTO AOS LIXÕES E CEMITÉRIOS PRÓXIMOS A PERÍMETROS URBANOS

Um estudo realizado por Gutierrez *et al.* (2016) no manancial Utinga em Belém – PA, notou-se mudanças de alguns parâmetros, como a elevação da acidez da água, a presença de N-amoniaco, nitratos, cor e turbidez, decorrentes do chorume. Os autores atribuem o fato às atividades do lixão do Aurá, durante o período ativo. Já um estudo realizado em Fortaleza- CE, por Barbosa *et al.* (2012), encontrou-se outras concentrações irregulares, como a de fósforo – P e amônia – NH₃, além de elevado grau de trofismo no rio.

Além disso, Nogueira, Costa Junior e Coimbra (2013), observaram que cemitérios localizados em zonas urbanas são causadores de impacto na qualidade da água em mananciais. Esse fato foi constatado pelo estudo desempenhado no cemitério de Vila Nova na cidade de Cachoeirinha – SP. Os impactos são causados pelo escoamento de necrochorume, que aumenta a condutividade elétrica, a concentração de amônia (NH₃), fósforo (P) e os valores de coliformes termotolerantes nos mananciais, o que impossibilita o uso desta água para determinados fins, conforme a legislação estabelecida pelo CONAMA 357:2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição de mananciais em centros urbanos acarreta a degradação do meio ambiente. A degradação ambiental de uma determinada área é consequência da destruição da fauna e flora. Aliado a isto ocorre também uma mudança da vazão do sistema hídrico local. Nesta direção a degradação ambiental acontece quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e como resultado, o desenvolvimento socioeconômico não ocorre.

A preservação dos mananciais urbanos, não ocorre, pois, a poluição e degradação desses ambientes, acabam impedindo a inutilização deles pela população. As atividades de lazer ficam prejudicadas, uma vez que o ambiente perde a atração estética, devido à proliferação exagerada de

algas e macrófitas, o assoreamento do leito e o cheiro nauseante proveniente dos esgotos domésticos que se misturam às águas.

Em suma, os lixões, agrotóxicos, poços tubulares mal executados e sem selo sanitário, o aumento demográfico, o desenvolvimento industrial e o maior consumo doméstico, são atividades que causam impactos ambientais em mananciais urbanos, sejam eles, superficiais ou subterrâneos.

REFERÊNCIAS

AITH, F. M. A; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**. São Paulo; v. 29, n. 84, p. 163 – 177, ago. / out. 2015.

ALIG, R. J; KLINE, J. D; LICHTENSTEIN, M. Urbanization on the US landscap: looking ahead in the 21st century. **Landscape and Urban Planning**. New York, EUA; v. 69, n. 3, p. 219 – 234, aug. /oct. 2015.

ALLERT, A. L; COLE-NEAL, C. L; FAIRCHILD, J. F. Toxicity of chloride under winter low-flow conditions in na urban watershed in central Missouri, EUA, Bull. **Environmental Contamination and Toxicology**. Washington, v. 89, n. 2, p. 296 – 301, aug. / oct. 2012.

AMORIM, S. Q *et al.* Qualidade da água do manancial de abastecimento da cidade de Parauapebas-Pa. **Revista água subterrâneas**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 210 – 223, set. 2010.

BALLINAS, M; BARRADAS, V. The urban tree as a tool to mitigate the urban heat island in Mexico City: a simple phenomological model. **Journal of Environmental Quality**. Madison, EUA; v. 45, n. 3, p. 157–166, apr. / jul. 2016.

BARBOSA, B. C *et al.* Avaliação da qualidade da água de um trecho do rio cocó sob possível influência do lixão desativado do Jangurussu Fortaleza/CE. **Revista Conexões-Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 26 – 40, nov. 2012.

BRASIL. **Lei Federal 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm>. Acesso em: 23 jun. 2018.

BRASIL. Constituição (1988). Emenda constitucional no 9, de 9 de novembro de 1995. Lex: legislação federal e marginália, São Paulo, v. 59, p. 1966, out./dez. 1995.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de **2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

BRASIL. Código Florestal. Lei 12.651 de 25 de maio de **2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 23 jun.2018.

CASSANELLI, J. P; ROBBINS, G. A. Effects of road salt on Connecticut’s groundwater: a statewide centennial perspective. **Science of the Total Environmental**. New York, v. 57, n. 2, p. 173 – 167, oct. / nov. 2013.

CORSI, S. R *et al.* River chloride trends in snow-affected urban watersheds: increasing concentrations outpace urban growth rate and are common among all seasons. **Science of the Total Environment**. New York, EUA; v. 58, n. 4, p. 488 – 497, oct./nov. 2014.

CORSI, S. R *et al.* A fresh look at road salt: aquatic toxicity and water-quality impacts on local, regional, and nacional scarles. **Environmental Science & Technology**. Washington, v. 44, n. 19, p. 7376 – 7382, oct. / nov. 2010.

COSTA, C. W *et al.* Monitoramento da expansão urbana, cenários futuros de crescimento populacional e o consumo de recursos hídricos no município de São Carlos. **Revista Geociências**. São Paulo, v. 32, n.1, p. 63 – 80, jan. / mar. 2013.

EYLES, N; MERIANO, M; CHOW-FRASER, P. Impacts of European settlement (1840 – presente) in a Great Lake watersshed and lagoon: Franchman’s Bay, Lale Ontario, Canada. **Environmental Earth Sciences**. New York, EUA; v. 68, n. 8, p. 2211 – 2228, apr. / jun. 2013.

GREEN, C. T *et al.* Decadal surface water quality trends under variable climate, land use, and hydrogeochemical seting in Iowa, USA. **Water Resources Research**. New York, EUA; v. 50, n. 3, p. 2425 – 2443, mar. / mai. 2014.

GUTIERREZ, C. B. B *et al.* Análise da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais de uma capital amazônica durante o período ativo de um lixão situado no entorno. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, Malága, v. 5, n. 3, p.127– 141, set. 2016.

LIMA, A. C. P *et al.* Avaliação das concentrações de bário e chumbo em águas do aquífero freático do entorno do centro industrial do Subaé – feira de Santana-BA. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo; v. 20, n. 1, p. 223- 341, abr./jun. 2010.

LIVESLEY, S. J; McPHERSON, E. G; CALFAPIETRA, C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. **Journal of Environmental Quality**. Madison, v. 45, n. 6, p. 119 – 124, apr/jul. 2016.

MCLNTYRE, J. K *et al.* Soil bioretention protects juvenile salmon and their prey from the toxic impacts of urban stormwater runoff. **Chemosphere**. Washington, EUA; v. 132, n. 10, p. 213 – 219, oct. / nov. 2015.

MECHI, A; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos avançados**, São Paulo; v. 24, n. 68, p. 209 – 220, abr. / jun. 2010.

MOURA, A. B. A. P; ZAIDAN, R. T. Análise multitemporal e possíveis impactos da expansão da silvicultura de eucalipto no município de Carrancas – MG, um estudo para os anos de 2005, 2008, 2013 e 2015. **Revista Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 48, p. 142 – 154, jan/mar. 2017.

NOGUEIRA, C. O. G; COSTA JÚNIOR, J. E. V; COIMBRA, L. A. B. Cemitérios e seus impactos Socioambientais no Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo; v. 9, n. 11, p. 214 – 232, fev/abr. 2013. Disponível em:< http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/681> Acesso em: 25 jun 2018.

OLIVA JÚNIOR, E. F; SOUZA I. S. Os impactos ambientais decorrentes da ação antrópica na nascente do rio Piauí - Riachão do Dantas. **Revista Eletrônica da Faculdade José Augusto Vieira**, Sergipe; v. 5, n. 2, p. 51 – 68, set. 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, B. H. C; FREITAS, R. F; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 431 – 436, 14 set. 2014.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos e Iniciação Científica**. São Paulo: Paulus, 2014.

SARDINHA, D. S; CONCEIÇÃO, F. T e GODOY, L. H. Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil. **Revista Augmdomus**. La Plata, Argentina; v. 2, n. 5 p. 82 – 97, fev/abr. 2010. Disponível em:< <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/issue/view/359>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SILVA, J. F; LUZ NETTO, F. M; RODRIGUES, S. C. Análise comparativa entre a vazão real e a vazão de referência para outorga de água do córrego Barrerinho Uberlândia-MG. **Revista de Geografia Acadêmica**. São Paulo, v. 4, n. 2, p. 86 – 95, jan/abr. 2010.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, T. E. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 2009.p. 31- 42.

VASCONCELOS, V. M. M; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305 – 324, fev. 2011.

Ana Paula dos Santos Silva

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
E-mail: anapaulasilvasantos44@gmail.com

Jacqueline Gomes da Silva

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
jagomes0297@gmail.com

Nathalia de Souza Lima

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
natlima35@gmail.com

Samya de Freitas Moreira

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
samyamoreira96@gmail.com

Antonio Pereira Junior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
antonio.junior@uepa.br

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ASPECTOS AMBIENTAIS EM ATIVIDADE DE CERÂMICA VERMELHA, PARAGOMINAS-PA

Lucimar Costa Pereira; Maria Renata da Rocha Xavier; Maycon Viana Balbino; Nayara do Socorro Nascimento Farias; Lorena Saraiva Viana; Tulio Marcus Lima da Silva.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-19

INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos, em diversas formas de utilização, ainda continuam sendo aplicados, de maneira ampla, e são relacionados a um alto padrão de vida devido às características que os tornam superiores a outros insumos (NUNES, 2012). Em função de distintas características, tais como matérias-primas empregadas, propriedades e utilização dos produtos fabricados, os diversos segmentos que compõem o setor cerâmico, podem ser classificados em: cerâmica branca, de revestimento, vermelha, materiais refratários, isolantes térmicos, e outros. Nesse contexto, a cerâmica vermelha é caracterizada por apresentar produtos oriundos da argila ou misturas que contenham esse recurso, a partir de moldagem, secagem e queima da mesma. Em função desse fator vem a cor avermelhada que dá o nome do segmento (OLIVEIRA; MAGANHA, 2006).

A cor avermelhada da cerâmica vermelha caracteriza os produtos oriundos da mesma, representados por tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, agregados leves de argila expandida entre outros. Quanto à matéria-prima utilizado no setor, a mesma consiste basicamente em argila comum, em que a massa é tipo monocomponente (somente argila) e pode ser denominada de simples ou natural. (SANTANA *et al.*, 2008).

Em contexto nacional, um número significativo das empresas do setor de cerâmica vermelha é de gestão familiar tradicional, o que pode inferir que o conhecimento é obtido de maneira empírica. A partir desse método de obtenção de informações, é realizada a determinação da quantidade de água a ser acrescida à massa, verificação de necessidade ou não de adição de outros materiais (beneficiamento) ou até a mistura com outras argilas. Todo esse processo auxilia a forma como a massa se torna mais propícia para a aplicação do processo fabril do produto cerâmico e melhorar suas propriedades finais (VALE *et al.*, 2006).

No Brasil, verificam-se grandes dificuldades de acesso e obtenção de dados estatísticos e indicadores de desempenho do setor de cerâmica vermelha, o que causa deficiência para que ocorra acompanhamento do crescimento e melhoramento de competitividade. Além deste fator, o segmento industrial apresenta uma série de complexidades, entre as principais os problemas ambientais e de qualidade dos produtos. É configurada como uma atividade de base, haja vista que possibilita à construção civil, de maneira geral, materiais simples e também sofisticados (SANTOS JUNIOR, *et al.*, 2017).

Apesar de apresentar pontos positivos para o movimento da economia, a indústria de cerâmica vermelha, caracteriza-se como um dos tipos de atividades industriais que mais provocam problemáticas ambientais. No que tange ao ocasionamento de problemas ambientais, a comercialização e extração de matérias primas como a argila, água, lenha, produtos imperfeitos e emissões de particulados pós queima, são característicos desse tipo de atividade (KUASOSKI; DOLIVEIRA; SILVA, 2015).

Nesse contexto, os aspectos ambientais, tais como emissão de gases poluentes e ruído, e geração, principalmente de resíduos, estão presentes nas etapas referentes a extração de argila e produção de tijolos (SANTOS, 2017). De tal forma, verifica-se possibilidade de ocorrência de impactos ambientais que necessitam de medidas preventivas capazes de diminuir os efeitos das problemáticas.

Nesse contexto, esta pesquisa objetivou identificar e analisar os principais aspectos ambientais e as possíveis problemáticas associadas a estes na fase de produção de tijolos no município de Paragominas. Além disso, a mesma buscou propor medidas de mitigação dos possíveis impactos ambientais relacionados com a atividade.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas - PA, parte central da mesorregião do Nordeste Paraense, localizado entre os paralelos de $2^{\circ} 38'$ e $3^{\circ} 40'$ de latitude sul e meridianos de $46^{\circ} 27'$ e $48^{\circ} 50'$ de longitude oeste de Greenwich, com uma população estimada em 2017, de 110.026 habitantes. O município está distante da região metropolitana de Belém 320 km e possui como principal via de comunicação e transporte a Rodovia BR-010, que o atravessa no sentido norte-sul (IBGE, 2010).

A população estimada para o município é de aproximadamente 19.342,254 km². A vegetação é classificada, de maneira geral, como floresta equatorial densa (IBGE, 2010). A maior parte (95%) do solo do município é do tipo latossolo amarelo distrófico, com alto grau de intemperismo, de característica profunda, ácida e elevado nível de alumínio. As bacias do rio Capim e Gurupi constituem a hidrografia do município, enquanto o relevo situa-se no Domínio Morfo-estrutural dos Planaltos em Sequência Sedimentares Não Dobradas e a topografia possui áreas que variam entre 50 e 200 metros de altura (BRASIL, 2009).

CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento trata-se de uma indústria de atividade de cerâmica voltada para a produção de tijolos. Esta, localiza-se entre as coordenadas geográficas $2^{\circ}59'52.14''S$ e $47^{\circ}21'49.57''O$, na região oeste da área urbana de Paragominas, no bairro Uraim (Figura 1). Possui como principal via de acesso (entrada e saída) as margens da rua Monte Líbano. A empresa é uma das primeiras do município na fabricação de Tijolos de 2, 4, 6 e 8 furos, tijolo maciço, tijolos semi-macios e comongol. A produção é realizada a partir da argila branca (40%) e vermelha (60%), extraídas em propriedades rurais do proprietário da empresa.

Figura 1 – Mapa físico de localização do empreendimento analisado. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo do empreendimento apresenta uma sequência operacional, que se divide em: depósito de porções de argila no caixão alimentador, mistura, maromba, corte, secagem e queima. Na primeira etapa, a matéria-prima é depositada e transportada via esteira até a área de mistura. Nesta, ocorre a homogeneização completa da água com a argila e o material resultante é direcionado a Maromba. A partir de tal, o bloco a ser produzido é moldado por boquilhas e cortado automaticamente conforme tamanhos pré-estabelecidos, seguindo de inspeções com a finalidade de retirar as eventuais peças defeituosas.

Já na secagem, os tijolos ficam expostos à luz solar em um período de 20 a 35 dias. Esta etapa, de acordo com Leite *et al.* (2016), consiste em um processo necessário para evitar trincas no produto durante a realização da queima, que ocorre em dois fornos e geralmente dura 36 horas. Os fornos são alimentados com resíduos de serraria (serragem e pedaços de madeira). Nestes, os tijolos são empilhados e enfileirados.

Os fornos operam com uma temperatura de aproximadamente 1.040 °C e possuem capacidade de queimar 30.000 tijolos semanalmente. Após a etapa da queima, é aguardado o tempo de arrefecimento do forno, processo que dura cerca de 4 a 6 dias. Após este período, os tijolos são retirados com auxílio de um transportador manual e manejados para um local de armazenamento. Logo após, são embalados e despachados para o mercado consumidor.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para obtenção de informações referentes aos principais aspectos e impactos ambientais na etapa de produção da atividade de cerâmica vermelha, foi realizado um levantamento bibliográfico em fontes de periódicos, tais como Google Scholar e *Scientific Library Eletronic Online* (SciELO). Para a fase de produção, a identificação dos aspectos e impactos foi realizada a partir de visita in loco, com realização de anotações referentes às fases de produção destacadas anteriormente. De maneira complementar, foi aplicado um formulário semiestruturado contendo 15 questões relativas às práticas adotadas pelo empreendimento quanto a execução das etapas de produção, geração e manejo de resíduos sólidos e emissões de poluentes atmosféricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ASPECTOS AMBIENTAIS NA FASE DE PRODUÇÃO

A partir da visita *in loco* no empreendimento, no município de Paragominas, foi possível observar alguns aspectos ambientais relativos às etapas de produção de tijolos. Em todas as etapas foram identificados aspectos ambientais, sendo os mais comuns em algumas etapas, a emissão de ruído, consumo de água e de energia elétrica (Quadro 1).

Quadro 1 – aspectos ambientais identificados na fase de produção de tijolos

Etapas de produção	Aspectos ambientais
Caixão alimentador	Emissão de ruídos, Consumo de água e energia elétrica.
Mistura	Consumo de água e energia elétrica e resíduo de óleo lubrificante
Maromba	Emissão de ruído, resíduo de óleo lubrificante e consumo de energia elétrica.
Corte	Geração de resíduos e consumo de energia elétrica.
Queima	Emissão de poluentes atmosféricos, ruído e geração de resíduos de queima.

Fonte: autores (2018).

Durante a fase de produção, a emissão de ruídos configura-se como uma das principais problemáticas da atividade de cerâmica vermelha, provocada pelo funcionamento do maquinário. As emissões ocorrem em várias etapas do processo de produção de cerâmica vermelha, sendo mais intensas nas etapas de moagem, mistura e prensagem, e nas atividades de transporte de veículos e máquinas, tanto de materiais como de produtos acabados e resíduos (SANTOS; JACOME, 2017). Tais fatores foram observados no empreendimento analisado, principalmente na utilização do maquinário, que fica em funcionamento durante aproximadamente 12 horas.

O ruído afeta principalmente as atividades desenvolvidas no ambiente laboral, e quando caracterizado de forma excessiva torna-se fator influente da poluição sonora, sendo este um dos impactos ambientais oriundos das fases de produção de tijolos. O ruído é intensificado na área pela ausência de proteção das máquinas (abafadores), o que compromete o desenvolvimento das atividades de maneira totalmente segura. Os ruídos intensos em atividade de cerâmica vermelha tendem a prejudicar tarefas que exigem concentração mental ou que requerem maior atenção, velocidade e precisão dos movimentos e os resultados tendem a piorar após 2 horas de exposição ao risco. O ruído também produz o aborrecimento, devido a uma interrupção forçada das tarefas (SILVA; SOUSA JÚNIOR, 2015).

Quanto ao consumo de água, verificou-se que este é um componente de grande importância no processo produtivo, utilizado principalmente na etapa de mistura (Figura 2). A água utilizada no processo de produção é extraída de “poços artesianos” localizados na área do empreendimento.

Figura 2 – utilização de água na etapa de mistura na fase de produção de tijolos, Paragominas - PA.

Fonte: autores (2018).

Nesse tipo de empreendimento, foi verificado altos consumos de:

1) Água, pois, em atividade ceramista é um fator que necessita de maiores avaliações, haja vista que o excessivo uso deste recurso natural pode contribuir para agravamento de maiores complexidades ambientais, como empobrecimento de lençóis freáticos, o que provoca desequilíbrios no ciclo hidrológico e indisponibilidade de água para abastecimento humano.

2) Energia elétrica, devido ao funcionamento das máquinas (MANFREDINI, 2003). Este fator foi confirmado no empreendimento analisado, onde de acordo com o responsável geral pelas atividades, o consumo representa custo considerável para empresa. Em pesquisa realizada por Araújo e Brito (2015), na cidade de Monteiro -PB, os autores verificaram que a atividade de cerâmica vermelha é responsável por alto consumo de água (43.000 litros/mês) e energia (30.509 KW/h/mês), relacionados com a alta produtividade do empreendimento pesquisado. Logo, esses insumos são aspectos ambientais que estão relacionados, de maneira indireta, com a perda de biodiversidade regional, fator este, atrelado, principalmente com a hidroeletricidade.

A emissão de poluentes atmosféricos foi verificada durante a fase de transporte de material (queima de combustíveis fósseis) e durante a fase de queima dos tijolos (queima de pó de serragem).

Elas configuram-se em um aspecto ambiental influente nela, seja local ou regional, intensificada pela ausência de filtros nos fornos e pela altitude reduzida das chaminés (Figura 3).

Figura 3 – vista frontal da chaminé no empreendimento analisado. Paragominas – PA.

Fonte: Fonte: autores (2018).

Em indústria de cerâmica vermelha verifica-se a emissão de uma quantidade significativa de material particulado para a atmosfera. A emissão constante de gases e material particulado, intensificada pela ausência de filtros nas chaminés, representa um agravante da poluição atmosférica e consequentemente à saúde humana (CAMARA *et al.*, 2015).

Quanto aos resíduos sólidos gerados na atividade de produção, foram verificados no empreendimento, principalmente cinzas oriundas da queima realizada nos fornos, restos de cerâmicas resultantes de quebra de telhas e tijolos durante produção e armazenamento do produto e tijolos defeituosos ou que não obtiveram padrão de qualidade desejável ao mercado. Os resíduos são acondicionados de forma inadequada em uma pilha na área externa do espaço de produção e não é realizada frequentemente o transporte deste material para um local adequado, o que está associado de maneira direta e indireta com riscos à saúde humana e com a poluição atmosférica (Figura 4).

Figura 4 – amostragem de resíduos no empreendimento analisado, Paragominas-PA.

Fonte: autores (2018).

Em pesquisa realizada por Lucena (2007), foi verificado que a atividade de cerâmica vermelha é uma considerável geradora de resíduos sólidos, com produção de quantidades significativas diariamente.

Nas proximidades da área de produção de tijolos, foi observado extravasamento de óleo lubrificante (Figura 5a), utilizado para o processo de manutenção do maquinário. Além deste fator, há presença de tambores de armazenamento de óleo que, devido ao acondicionamento inadequado também provocam disseminação do conteúdo no solo (Figura 5 b).

Figura 5 – a) presença de óleo lubrificante derramado em área próxima ao maquinário; b) tambores de armazenamento de óleo disposto inadequadamente. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Na área compreendida pelo empreendimento há presença de uma oficina de manutenção e lavagem dos veículos utilizados para transporte de matéria-prima e produto final. Na mesma não é realizado nenhum tipo de tratamento do efluente gerado, ficando este em contato direto com o solo (Figura 6).

Figura 6 – área de lavagem de veículos com disposição inadequada de efluentes. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

A disposição final das embalagens de óleo lubrificante e efluentes, caracterizada como inadequada, pode ocasionar problemáticas ambientais de caráter comprometedor, principalmente ao solo, haja vista que este encontra-se de maneira exposta na área correspondente ao empreendimento.

O efluente, sem nenhum tipo de tratamento, quando jogado na rede coletora de esgoto, diminui o rendimento do tratamento dos efluentes, aumentando a carga de poluentes lançada nos rios (GOMES; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2008). Tal problemática é intensificada negativamente devido à ausência de uma estação de tratamento de esgoto.

MEDIDAS MITIGADORAS

Em relação aos potenciais/possíveis impactos provocados nas etapas de produção dos tijolos, verifica-se que para a poluição sonora, pode-se realizar se considerar necessário, o processo de tratamento acústico de equipamentos ou das edificações, o que busca evitar a ocorrência de poluição sonora no ambiente. Tal tratamento pode ser realizado a partir da utilização de estruturas

separadoras de ambientes, construídas com materiais capazes de proporcionar isolamento de ruídos (SANTOS NETO, 2006).

A problemática do alto consumo de água pode ser mitigada a partir da redução do consumo, após quantificação do necessário para a produção, ou investimento em tecnologias de reaproveitamento de água. O consumo de energia elétrica é uma problemática ambiental, que pode ser reduzida a partir de adoção de práticas sustentáveis de produção de energia, como investimento em painéis fotovoltaicos.

Além de tal fator, quando há utilização de exaustores, pode ser realizada a confecção de chaminés mais altas, para que assim os exaustores não sejam necessários, o que favorece a redução não apenas do consumo de energia, mas também da dependência da eletricidade oriunda da rede de distribuição para a realização de dispersão da fumaça gerada no processo (ARAÚJO; BRITO, 2015).

Para a problemática relacionada com a emissão de poluentes atmosféricos, pode ser executado o controle da emissão, a partir da fixação da altura adequada das chaminés e a instalação de equipamentos para depuração dos gases. As emissões de partículas podem ser controladas pelo uso de equipamentos de aspiração e separação mediante o uso de ciclones. A serragem deve ser armazenada em local coberto, evitando-se a dispersão de partículas pelo vento. Uma maneira de controlar as emissões de gases consiste no uso de sistemas de exaustão e captação dos gases e tratamento mediante o uso de lavadores de gases, ou absorção com carvão ativado entre outras técnicas (COSTA, 2013).

A utilização de resíduos como: pó de serragem, cavaco, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, e outros representam alternativas para redução da emissão de gases causadores de efeito estufa durante o processo de queima. No empreendimento em análise, é utilizado como material para alimentação dos fornos o pó de serragem (Figura 7), o que evidencia amenização do passivo ambiental da empresa no que tange ao aspecto de emissão de componentes de característica poluidora.

Figura 7 – material utilizado para alimentação dos fornos de queima. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2018).

Como formas de mitigação dos impactos provocados pela geração de resíduos sólidos durante a atividade, pode ser realizada a utilização das cinzas como adubo para aplicação em áreas de cultura florestal, cuja cadeia gera resíduos aproveitáveis nos fornos de queima de tijolos e telhas. Os materiais danificados no processo de armazenamento ou que se encontram fora do padrão de venda para o mercado podem ser recolhidos para doação a instituições beneficentes ou associações de moradores, haja vista que são aproveitáveis (CUNHA; SIQUEIRA, 2013).

O derramamento de óleo na área de produção pode ser resolvido a partir do cumprimento dos requisitos mínimos estabelecidos na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), n. 362, de 23 de junho de 2005. Esta, estabelece que óleo o lubrificante usado ou contaminado deve obrigatoriamente ser recolhido e ter destinação adequada, de forma a não afetar

negativamente o meio ambiente, e proíbe quaisquer descartes em solos, águas subterrâneas, no mar e em sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais.

Para cumprimento do estabelecido pela resolução, o empreendimento pode realizar o repasse das embalagens de lubrificante e o óleo queimado para empresas especializadas na logística reversa desses resíduos, ou definir com o fornecedor do produto a devolução do material.

CONCLUSÕES

Para a etapa de produção de tijolos, os principais aspectos ambientais identificados no empreendimento em estudo estão relacionados com as etapas maromba e queima, nas quais se verifica emissões constantes de ruído e de partículas poluidoras, respectivamente. Nessa vertente, a contribuição para o agravamento da problemática de poluição atmosférica caracteriza-se como a mais significativa.

Diversas medidas podem ser adotadas para mitigação das problemáticas ambientais relacionadas com as atividades de cerâmica vermelha, as quais podem ser realizadas a partir do cumprimento de normas regulamentadoras e legislação além de ações de manutenção periódica de estrutura e equipamentos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D. T. R.; BRITO, W. O. Avaliação do ciclo de vida na fabricação de tijolos cerâmicos na cidade de Monteiro-PB. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 6, 2015. **Anais...** Porto Alegre: IBEAS, 2015, p. 1-5.

BRASIL, A. P. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do município de Paragominas**. Belém: Imazon, 2009.

CAMARA, V. F. *et al.* Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p.213-218, jun. 2015.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005**. Dispõe sobre o Recolhimento, Coleta e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/2005_362>. Acesso em: 15 fev. 2018.

COSTA, M. A. A. **Impactos Socioambientais e Medidas Atenuantes de uma Empresa de Cerâmica Vermelha, Itajá/RN**: Estudo Preliminar. 2013. 57 f. Monografia (Graduação). Curso de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2013.

CUNHA, L. C. C.; SIQUEIRA, R. A. C. de. Gestão de Qualidade de Resíduos Sólidos em uma cerâmica em Timon - MA. In: iv congresso brasileiro de gestão ambiental, 4., 2013, Salvador. **ConGeA**. Salvador: Ibeas, 2013. p. 01 – 10, 2013.

GOMES, P. L.; OLIVEIRA, V. B. P.; NASCIMENTO, E. A. Aspectos e impactos no descarte de óleos lubrificantes: o caso das oficinas. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói. **Anais...** Niterói: Cneg, 2008. p. 1 - 15.

HENTZ, A. M. **Projeto de reabilitação de áreas degradadas através da produção das mudas de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares**. Convênio UFPA e Sindicato das Cerâmicas Vermelhas de Marabá-PA. 2012.

KUASOSKI, M.; DOLIVEIRA, S. L. D.; SILVA, A. Q. Impactos socioambientais no processo de extração e transporte da argila em indústrias de cerâmica vermelha. **Sustentabilidade e responsabilidade social**, p. 92, 2015.

LEITE, J. F. *et al.* **Análise do layout do processo de fabricação de tijolos**: um estudo de caso para melhoria da produtividade e da segurança e saúde dos funcionários. 2016. Enegep. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_323_29329.pdf>. Acesso em: 02 set. 2018.

LUCENA, M. M. **Efeito de introdução de resíduo de cinza de forno cerâmico em massa para cerâmica estrutural**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MANFREDINI, C. **Impactos Ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MELLO, A. H. Diagnóstico da degradação ambiental em áreas de extração de argila em MARABÁ – PA. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 9, n. 1, p. 45-61, out. 2017.

NUNES, M.B. **Impactos ambientais na indústria da cerâmica vermelha**. Relatório Técnico. Rede de Tecnologia e Inovação- REDETEC, Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, M.C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas brancas e de revestimento**. São Paulo: CETESB, 2006.

SANTANA, A. *et al.* **Cerâmica vermelha**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE: São Paulo, 2008.

SANTOS JUNIOR, E. L. *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental da Indústria Cerâmica Estrutural como Ferramenta da Produção Mais Limpa. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 6., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Advancesincleanerproduction, 2017. p. 1 - 9.

SANTOS NETO, N. A. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SANTOS, D. D. S.; JACOME, P. C. Levantamento e análise dos riscos presentes em uma cerâmica vermelha situada no vale do Açu. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37., 2017. **Anais...** Joinville: Abepro, 2017. p. 241-399.

SILVA, F.; SANTOS, M. Aspectos ambientais da extração de argila em áreas de planície fluvial do baixo Jaguaribe – CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 4, n. 1, p.135-140, jun. 2014.

SILVA, M. M. N.; SOUSA JÚNIOR, A. M. Análise qualitativa dos riscos ocupacionais da atividade ceramista na cidade de encanto/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Abepro, 2015. p. 1 - 11.

SOUZA, V. P. *et al.* Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água. **Cerâmica**, São Paulo, v. 54, n. 331, p. 351-355, set. 2008.

VALE, S. A., *et al.* A Minimização dos Impactos Ambientais Causados pela Produção de Cerâmica Vermelha com Utilização da Análise Racional para Formulações de Massa. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 39-41, set./dez. 2006.

Lucimar Costa Pereira

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
lu.costa0708@gmail.com

Maria Renata da Rocha Xavier

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
renatarochax@hotmail.com

Maycon Viana Balbino

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
maykon.lbino@gmail.com

Nayara do Socorro Nascimento Farias

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
nayarafarias@outlook.com

Lorena Saraiva Viana

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
lorenaengamb20@gmail.com

Tulio Marcus Lima da Silva.

Engenheiro Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Departamento de Engenharia Ambiental
tuliosilva@id.uff.br

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
- CAPÍTULO 20 -

**DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO EM
LEITO DE SECAGEM COM COBERTURA PLÁSTICA**

Antonia Michelle Araújo Lopes; Rayssa Magalhães da Silva; Herenildo Aguiar Maciel;
Aline Souza Sardinha.

DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-20

INTRODUÇÃO

A humanidade, após o advento da Revolução Industrial, vem modificando e interferindo, quase sempre negativamente, o equilíbrio dos ecossistemas terrestres. As atividades, produtos e serviços desenvolvidos pelo homem geram subprodutos que quando não tratados adequadamente implicam em prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente. Além disso, o crescimento desordenado das cidades, o aumento populacional e a intensificação do consumo são fatores que tem como consequências, entre outras, a degradação dos recursos naturais e geração de resíduos e rejeitos de forma mais intensa que a capacidade de assimilação da natureza.

Nesse contexto, no Brasil, o setor de saneamento vem recebendo maiores investimentos nos últimos anos, e o aumento da prestação desse serviço reflete no volume crescente da produção de resíduos de composição complexa e destinação final problemática. Entre os resíduos do saneamento básico, os lodos provenientes das Estações de Tratamento de Água (ETA's) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) destacam-se pela grande quantidade gerada e pelos custos elevados para disposição final adequada (PEGORINI; ANDREOLI, 2006).

Dessa forma, o gerenciamento correto dos resíduos sólidos, incluindo os do saneamento, é tão necessário que a Agenda 21, documento produzido durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), dedicou um Capítulo completo (Capítulo 21) para tratar do manejo ambientalmente saudável desses resíduos. O documento preconiza que mudanças nos padrões não sustentáveis de produção e consumo são fundamentais para conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente, também defende a adoção da reutilização, reciclagem e destinação final adequada para promoção do manejo sustentável dos resíduos (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1997).

O tratamento de esgotos gera além do efluente tratado, que é o objetivo do tratamento, gases e lodo. Para ser lançado no meio ambiente o efluente tratado deve atender padrões de qualidade, conforme estabelece a legislação. Os gases gerados, por sua vez, podem ser aproveitados para uso energético ou lançados na atmosfera. Já o lodo, que agrega a maior parte da matéria orgânica presente no esgoto bruto, é um desafio para as ETE's, pois além dos sólidos orgânicos o lodo concentra metais pesados e patógenos que oferecem riscos de contaminação do meio ambiente e da população que direta ou indiretamente entrem em contato com o mesmo (LIMA, 2010).

Assim, dependendo da forma de destinação final do lodo, é necessário que o mesmo passe por processos específicos de tratamento. No Brasil, a Resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina quais os parâmetros de qualidade para o lodo e produtos derivados destinados ao reuso agrícola. Por exemplo, para ser utilizado como insumo na agricultura o lodo deve ser tratado de modo a reduzir as concentrações de patógenos, o teor de umidade e o teor de matéria orgânica volátil.

A redução do teor de umidade pode ser realizada de forma natural através da técnica de leitos de secagem. Ela é importante para diminuir o volume de material a ser transportado, reduzindo os custos com transporte e disposição, e facilitar o manuseio do produto, além disso quanto menor o teor de umidade mais difícil será a sobrevivência e o crescimento de organismos patogênicos na massa de lodo (PEDROSA *et al.*, 2006).

Nesse contexto, fica evidente a necessidade de se estudar processos de tratamento e formas sustentáveis de destinação final para o lodo gerado em ETE's. Nesse cenário, o presente estudo se propõe a avaliar o desempenho de leito de secagem com cobertura plástica transparente para o tratamento do lodo proveniente da ETE Morada do Sol, localizada no município de Paragominas, Pará, Brasil.

Lá, existem duas estações compactas de tratamento de esgoto. As ETE's pertencem a dois condomínios construídos com financiamento do governo federal, através do Projeto Minha Casa, Minha Vida (Condomínio Morada do Sol e Morada dos Ventos). Ambas são operadas pela Agência de Saneamento de Paragominas (SANEPAR). O sistema de tratamento das duas ETE's utiliza reatores do tipo UASB + BF para tratar o esgoto doméstico.

Em relação ao sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgoto sanitário do Condomínio Morada do Sol, que corresponde à área de estudo deste trabalho, possui capacidade para atendimento de 5.000 pessoas, considerando uma contribuição igual a 150l/hab./dia. Já o leito de secagem, foi construído recentemente pela SANEPAR para realização do tratamento do lodo gerado nas duas estações. O leito possui quatro módulos independentes, cada um com 50 m² e cobertura com filme plástico translúcido.

Com base no exposto acima, o desenvolvimento desse estudo dará suporte ao tratamento do lodo gerado nas ETE's do município de Paragominas, cujo objetivo é estudar o desempenho de um leito de secagem com cobertura plástica nos processos de desaguamento e higienização do lodo de descarte de uma estação de tratamento de esgoto, com avaliação do desaguamento e higienização do lodo no leito de secagem em dois períodos: chuvoso e seco, para caracterização e o lodo bruto e tratado (substâncias inorgânicas, estabilidade, potencial agrônomo e indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos) e, finalmente, promover a verificação da viabilidade sanitária e agrônoma para o reuso agrícola do lodo conforme os padrões estabelecidos pela Resolução 375/2006 - CONAMA.

REVISÃO DE LITERATURA

ESGOTO SANITÁRIO

O esgoto sanitário, também chamado de águas residuárias, possui características bem definidas, sendo constituído basicamente de despejos domésticos e pequenas contribuições de águas pluviais e águas de infiltração. Podendo, eventualmente, ter contribuição de despejos industriais (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Cerca de 99,9% do esgoto sanitário é composto por água e, apenas 0,1% por sólidos, que são compostos orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras), nutrientes como nitrogênio e fósforo, além de produtos químicos, defensivos agrícolas e metais pesados (CAMPOS, *et al.*, 1999). Aproximadamente 30% dos sólidos encontrados nas águas residuárias são inorgânicos como metais pesados, areia e sais, e 70% é composto por matéria orgânica (LOZER, 2012).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) publicados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013, com relação ao atendimento por rede de esgotos, no Brasil o contingente de população urbana atendida alcança 93,3 milhões de habitantes. Já o índice médio de atendimento é de 56,3%, nas áreas urbanas das cidades brasileiras. Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do país chega a 39,0% para a estimativa dos esgotos gerados e 69,4% para os esgotos que são coletados. A pesquisa destaca que o volume de esgotos tratados saltou de 3,586 bilhões de m³ em 2012 para 3,624 bilhões de m³ em 2013, correspondendo a um incremento de 1,1% (BRASIL, 2014). Embora os dados apontem que o saneamento no país ainda está aquém dos padrões ideais, nos últimos anos, no Brasil, ocorreu uma expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgoto. Os recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) destinados ao setor de saneamento contribuíram significativamente para essa expansão (ARAUJO FILHO, 2008; LEONETI *et al.*, 2011).

Cabe ressaltar que apenas o tratamento das águas residuárias não elimina os riscos ao meio ambiente e à saúde pública, é necessário o gerenciamento do lodo gerado ao longo do tratamento, pois a destinação inadequada deste resíduo pode comprometer os ganhos adquiridos com a coleta e tratamento do esgoto (ANDREOLI; PINTO, 2001).

PROCESSO DE TRATAMENTO ANAERÓBIO: REATORES UASB

DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é um processo biológico complexo, desenvolvido em etapas e com várias populações de bactérias envolvidas. Na ausência de oxigênio molecular bactérias facultativas ou estritamente anaeróbias promovem a transformação de compostos orgânicos complexos como proteínas, lipídeos e carboidratos em produtos mais simples e estáveis como o metano (60 a 70%), gás carbônico (30 a 40%) e outros subprodutos mineralizados (CAMPOS *et al.*, 2006; FAGUNDES, 2010).

Dentre as principais vantagens do reator anaeróbio em relação ao aeróbio é possível citar: (1) baixo consumo de energia, (2) menor produção de lodo, diminuindo os custos com o tratamento e disposição final, (3) redução dos custos para implantação e operação, (4) possibilidade do aproveitamento energético do metano, (5) lodo com características que favorecem o desaguamento, (6) minimização da necessidade de atenção operacional, (7) boa inativação de patógenos, e (8) boa destruição de sólidos voláteis (40 a 60%) (FAGUNDES, 2010; LIMA, 2010).

Todavia, há desvantagens nesses processos como, por exemplo: (1) produção de maus odores, (2) longo período de partida do sistema, se não houver inóculo adequado, (3) sensibilidade a mudanças de condições ambientais, (4) pode ocorrer formação de espuma, e (5) sobrenadante rico em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos em suspensão e amônia (FAGUNDES, 2010; LIMA, 2010). A conversão da matéria orgânica em sistemas anaeróbios ocorre em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Essas fases são independentes e podem se desenvolver simultaneamente (LIMA, 2010).

A hidrólise, primeira fase da degradação anaeróbia, é considerada muito lenta e consiste na decomposição da matéria orgânica particulada biodegradável de cadeia longa (Figura 1), que não são assimiláveis pelas bactérias, em produtos solúveis como açúcares e aminoácidos, pela ação de enzimas hidrolíticas extracelulares excretadas pelas bactérias.

Figura 16 – Esquema da decomposição anaeróbia do substrato.

Adaptado de Chernicharo (1997).

Os compostos solúveis ficam então acessíveis às bactérias, atravessando suas paredes celulares e membranas (CHERNICHARO, 1997; VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006). A etapa de hidrólise é realizada por vários tipos de bactérias. As principais bactérias proteolíticas presentes em digestores anaeróbios pertencem ao gênero *Clostridium*, sendo encontradas também *Peptococcus anaerobius*, *Bifidobacterium sp.*, *Staphylococcus* e algumas espécies de bacilos (PONTES, 2003).

No processo de acidogênese um grupo de bactérias transformam os compostos solubilizados em precursores de acetato, tais como álcoois (R-OH), ácido propiônico (C₃H₆O₆), butírico (C₄H₈O₂), valérico e isovalérico (C₅H₁₀O₂), capríco (C₆H₁₂O₂), acético (C₂H₄O₂), láctico (C₂H₆O₃), dióxido de carbono (CO₂), ácido sulfídrico (H₂S), hidrogênio (H), além de novas células bacterianas. Esse estágio é denominado de fase ácida devido à grande quantidade de ácidos formados. A acidogênese é realizada por um grupo de bactérias fermentativas (*Clostridium* e *Bacteroids*). Quando a população de microrganismos metanogênicos se encontra presente em quantidade adequada, os ácidos são degradados à medida que são formados (PONTES, 2003).

No processo de acetogênese os produtos da acidogênese são transformados em hidrogênio, dióxido de carbono e principalmente acetato e finalmente as bactérias metanogênicas utilizam o acetato para produzir metano (VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006).

REATORES UASB

O Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (RAFA) mais conhecido pela sigla em inglês – UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é um dos tipos de reatores anaeróbios disponíveis no Brasil. Foi desenvolvido na década de 70, na Holanda, sendo utilizado no Brasil desde a década de 80. O reator UASB possui diversas vantagens quando comparado aos demais sistemas de tratamento anaeróbios, por exemplo: (1) produção de lodo já estabilizado a custo reduzido, (2) tempo de detenção hidráulica menor, (3) odor desagradável passível de ser controlado, (4) sistema compacto, com baixa demanda de área, (5) baixa produção de lodo, (6) satisfatória eficiência de remoção de DBO e DQO, da ordem de 65 a 75% (CHERNICHARO *et al.*, 1999; FAGUNDES, 2010).

Nesse caso, o tratamento de esgotos em reatores UASB (Figura 2), depende da boa operação do pré-tratamento, a massa bacteriana apresenta sensibilidade a substâncias tóxicas presentes no afluente, as flutuações de vazões interferem negativamente sobre o sistema, e quase sempre é necessário a realização de pós-tratamento (FAGUNDES, 2010). Além disso, há possibilidade de produção de maus odores como aspecto negativo dos reatores UASB (CHERNICHARO *et al.*, 1999).

Figura 17 – Desenho esquemático de um reator UASB.

Fonte: Chernicharo *et al.* (1999)

O afluente entra pela parte mais baixa e prossegue em fluxo ascendente, até o topo do Reator, atravessando três etapas: o leito de lodo, onde há grande concentração de biomassa ativa, logo após uma biomassa menos densa, denominada manta de lodo e finalmente passa por um separador de três fases, onde ocorre a separação dos sólidos em suspensão (lodo), do líquido e do biogás formado no tratamento (CAMPOS, *et al.*, 2006).

No entorno e acima do separador trifásico, configura-se uma câmara de sedimentação, onde o lodo mais denso é removido da fase líquida retornando ao compartimento de digestão. O sistema é auto misturado pela movimentação ascendente das bolhas de biogás e do fluxo de esgotos por meio do reator (FAGUNDES, 2010).

Ainda de acordo com esse autor, os reatores UASB devem possuir dispositivos que permitam a operacionalidade e monitoramento do sistema. Devem ser previstos dispositivos especiais que permitam a coleta de amostragem de lodo de diferentes profundidades, dispositivos para descarga do lodo excedente, para coleta de gás e manutenção do nível constante da interface líquido-gás.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

PRODUÇÃO

O lodo destaca-se como o principal resíduo do saneamento, pois embora represente geralmente entre 1 e 2% do volume do esgoto tratado, é responsável por 20 a 60% dos custos operacionais de uma ETE (ANDREOLI; PEGORINI, 2003). A produção de lodo é inerente aos sistemas de tratamento de esgoto utilizados para a fase líquida.

Os processos de tratamento primário geram o lodo primário, composto pelos materiais sedimentáveis do esgoto bruto. Este tipo de material pode produzir forte odor, principalmente se ficar retido por muito tempo nos decantadores primários, em condições de elevadas temperaturas (VON SPERLING, 2002). O lodo produzido nos sistemas de tratamento biológico é denominado lodo secundário ou lodo biológico. Este lodo é composto pela biomassa que cresceu alimentando-se da matéria orgânica presente no esgoto afluente. Caso a biomassa não seja removida, ela tende a se acumular no sistema, podendo eventualmente sair com o efluente final (PEDROSA, *et al.*, 2010).

O tratamento biológico consiste na estabilização do material orgânico presente no esgoto a partir da utilização de microrganismos. As bactérias são as principais responsáveis por degradar a matéria orgânica, mas outros microrganismos como vírus e protozoários também podem ser encontrados. O tratamento biológico utiliza bactérias, que são majoritariamente heterotróficas, essas bactérias utilizam a matéria orgânica presente no efluente bruto como fonte de material ou energia (VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006).

A utilização da matéria orgânica pelas bactérias como fonte de material para produção de massa celular compreende o processo denominado anabolismo ou assimilação. O anabolismo não é um processo espontâneo e para que ele aconteça é necessário que tenha disponibilidade de energia. Essa energia é liberada quando as bactérias degradam a matéria orgânica gerando produtos estabilizados. Quando as bactérias utilizam a matéria orgânica presente no esgoto como fonte de energia, transformando-a em produtos, ocorre o catabolismo ou desassimilação (VAN HAANDEL; CAVALCANTI, 2001).

Ainda segundo estes autores o catabolismo pode ser oxidativo ou fermentativo. No processo oxidativo a matéria orgânica é oxidada por um oxidante extracelular presente no meio que pode ser o oxigênio, sulfatos ou nitratos, e os produtos são compostos inorgânicos estáveis, principalmente água e dióxido de carbono. No catabolismo fermentativo ocorre transferência intramolecular de elétrons, de modo que o composto catabolizado se decompõe em pelo menos duas partes. A digestão anaeróbia é um processo fermentativo de grande importância, que vai gerar principalmente metano e dióxido de carbono como produtos finais. No processo fermentativo grande parte da energia química

presente na matéria orgânica vai ficar contida nas moléculas de metano, reduzindo o efeito energético desse processo, quando comparado ao catabolismo oxidativo.

A eficiência na remoção do material orgânico pelas bactérias em sistemas anaeróbios depende essencialmente da cinética do metabolismo bacteriano. A cinética do metabolismo bacteriano nesses sistemas é bastante complexa devido à presença de várias populações bacterianas interdependentes atuantes no processo metabólico. A eficiência da remoção da matéria orgânica do esgoto também está relacionada a variável operacional idade do lodo, essa variável determina a proporção entre o material orgânico biodegradável e a massa bacteriana presente no sistema de tratamento. Dessa forma quanto maior a idade do lodo, maior será a população bacteriana atuante no processo de degradação da matéria orgânica e, portanto, maior será a eficiência de remoção do material biodegradável (VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006).

COMPOSIÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo semissólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica (KELM *et al.*, 2014). O material orgânico presente no esgoto doméstico pode ser classificado em duas categorias principais: material biodegradável, que pode ser decomposto pelas bactérias, e material não biodegradável, que não é afetado pela ação bioquímica das bactérias. Tanto a fração biodegradável quanto a fração não biodegradável pode ser subdividida em uma fração solúvel, de fácil acesso ao metabolismo bacteriano, e uma fração particulada, composta de material coloidal e macroscópico que precisa ser hidrolisado antes de ser utilizado (VAN HAANDEL; CAVALCANTI, 2001).

Além da fração orgânica, o lodo concentra microrganismos patogênicos, pode apresentar metais pesados, poluentes orgânicos (nos esgotos de origem doméstica se apresentam em pequenas quantidades), e fármacos (principalmente antibióticos) (LIMA, 2010).

O lodo apresenta uma composição bastante variável, pois, depende das características do afluente, do processo de tratamento do esgoto e do seu caráter sazonal (BETTIOL; CAMARGO, 2006). E quanto mais eficiente for o sistema de tratamento de esgoto, maior será a produção de lodo e a concentração de contaminantes (ANDREOLI.; PEGORINI, 2003).

MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES

Um lodo de esgoto típico possui em média 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e demais macronutrientes e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos. A fração orgânica desse resíduo é uma mistura de gorduras, proteínas, carboidratos, lignina, aminoácidos, açúcar, celulose, material húmico e ácidos graxos, além de microrganismos vivos ou mortos (ZANATTA, 2014).

Em virtude da presença de matéria orgânica e de nutrientes no lodo, há um crescente interesse pela reciclagem agrícola desse resíduo. O lodo contribui para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo: ele aumenta a retenção de água em solos arenosos, e melhora a infiltração em solos argilosos, melhora a resistência dos solos a erosão e ao adensamento, ativa a vida microbiana dos solos e aumenta a resistência das plantas a pragas e doenças (ILHENFELD *et al.*, 1999).

Os macros e micronutrientes são elementos químicos indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são requeridos pelas plantas em maior quantidade, já os micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, B e Cl) são demandados em menor quantidade (MELO; MARQUES, 2000). No lodo de esgoto o potássio está presente em pequenas quantidades, porém encontra-se em forma prontamente assimilável pelas plantas (VON SPERLING *et al.*, 2001).

MATÉRIA INORGÂNICA (METAIS PESADOS)

A definição de metais pesados, do ponto de vista ambiental, diz respeito a elementos químicos que em determinadas concentrações e tempo de exposição, oferecem riscos à saúde humana e ao meio ambiente. O lodo das estações de tratamento que recebem apenas efluentes domésticos contém pequena quantidade de metais pesados provenientes da própria natureza dos resíduos (fezes, urina, águas servidas, papel sanitário e águas cinzas) e das canalizações (ALAMINO, 2010; FERREIRA; ANDREOLI, C., 1999a).

Ademais, produtos vinculados a atividades humanas (cosméticos, produtos de limpeza, tintas e vernizes, pesticidas, produtos automotivos) apresentam em sua composição diversos metais, destacando-se o alumínio, ferro, mercúrio, cobre, titânio e o zinco, contribuindo para o aumento da concentração de metais no esgoto sanitário. As águas de infiltração também contribuem para o aumento da concentração de metais no lodo, pois vários metais são encontrados naturalmente no solo. E, à medida que a água da chuva infiltra os metais são lixiviados (LIMA, 2010).

Logo, a presença de metais pesados no lodo é bastante preocupante quando a destinação final do lodo é o reuso agrícola, pois há a possibilidade de acúmulo dos metais no solo, devido à aplicação sucessiva de material, com posterior absorção pelas plantas e contaminação da cadeia alimentar, podendo causar importantes impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente (SILVA, 2000).

POLUENTES ORGÂNICOS

Os compostos orgânicos poluentes incluem os hidrocarbonetos aromáticos, fenólicos, pesticidas, polibromenatos, bifenil (PBB's), bifelinas policlorados (PCB's), surfactantes e outros materiais persistentes altamente tóxicos (FERREIRA; ANDREOLI, 1999a).

A presença de poluentes orgânicos no esgoto está associada, na maioria das vezes, a cidades muito industrializadas. Tais compostos podem estar presentes devido a efluentes domésticos (detergentes, restos de solventes e pinturas), industriais e águas pluviais. A maioria desses poluentes é biodegradada muito lentamente, persistindo no meio ambiente por longos períodos de tempo (ALAMINO, 2010). Os poluentes orgânicos podem penetrar na cadeia alimentar, e, mesmo em quantidades pequenas, podem estar presentes em quantidades elevadas nos níveis tróficos mais altos devido a sua característica de bioacumulação (ANDREOLI *et al.*, 2001).

MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS

Os principais grupos de organismos presentes no lodo de ETE são: bactérias, vírus, fungos e parasitas (protozoários e helmintos). Muitos desses organismos são patogênicos representando riscos à saúde humana e animal. A contaminação microbiológica do lodo está intrinsecamente relacionada a presença de material fecal no esgoto, logo tem relação direta com as características epidemiológicas da população local (sua influência nas condições sanitárias varia conforme o organismo e as condições ambientais) e dos efluentes lançados na rede coletora (ANDREOLI, *et al.*, 2001; FERREIRA; ANDREOLI, 1999a; MALTA, 2001). Vírus entéricos, protozoários e parasitas são obrigatoriamente parasitas, logo são incapazes de se multiplicarem no lodo, enquanto as bactérias podem multiplicar-se em condições ambientais favoráveis (LIMA, 2010). Dentre os organismos presentes no esgoto bruto e tratado, as bactérias e os ovos de helmintos representam os agentes de maior risco para a saúde pública e por isso merecem maior atenção (LOZER, 2012).

Consequentemente, de acordo com esse pesquisador, a presença de microrganismos patogênicos e o tempo de sobrevivência no solo (Tabela 1) é positiva, porém, no lodo é indesejada, uma vez que, alguns patógenos, como os ovos de helmintos, podem permanecer viáveis no solo por vários anos após a aplicação do lodo, e pode ocorrer a contaminação das partes das culturas que mantém contato direto com esse resíduo, causando riscos à saúde das pessoas.

Tabela 8 – Tempo de sobrevivência de patógenos no solo.

Patógeno	Máximo absoluto	Máximo usual
Bactérias	1 ano	2 meses
Vírus	1 ano	3 meses
Cistos de protozoários	10 dias	2 dias
Ovos de helmintos	7 anos	2 anos

Fonte: Lozer (2012).

No Brasil, os microrganismos patogênicos constituem o elemento de limitação ao uso do lodo como insumo na agricultura. No entanto, é o fator mais facilmente controlado através da adoção de soluções técnicas e processos específicos que levem a redução ou a eliminação do patógeno, como a calagem ou a compostagem, a digestão anaeróbia, a estabilização química e a secagem térmica (ANDREOLI, 1999a; BETTIOL; CAMARGO, 2006; FERREIRA; LOZER, 2012).

Dentre os agentes patogênicos encontrados no lodo maior cuidado é direcionado aos parasitas intestinais (ovos de helmintos), em virtude da alta frequência na população, o longo tempo de sobrevivência dos ovos no meio externo e sua baixa dose infectante: apenas um ovo é capaz de infectar um hospedeiro. Os ovos de helmintos presentes no esgoto sanitário ficam concentrados no lodo devido a sua elevada velocidade de sedimentação (ALAMINO 2010; LIMA, 2010). A temperatura e o tempo de exposição são fatores importantes para a higienização do lodo (Tabela 2).

Tabela 9 – Temperatura e tempo de exposição para a destruição de organismos patogênicos.

Organismo	Tempo (minuto)	Temperatura (°C)
<i>Salmonella spp.</i>	60	55
<i>Escherichia coli</i>	60	55
<i>Shigella</i>	60	55
<i>Taenia saginata</i>	5	71
Ovos de <i>Ascaris ssp.</i>	60	55

Fonte: Andreoli, *et al.* (2001).

TRATAMENTO DO LODO

PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DO LODO

Os processos de estabilização têm por objetivo reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação do lodo (MIKI *et al.*, 2006). A estabilização de lodos de ETE pode ser realizada por processos biológicos, químicos e físicos (FERREIRA; ANDREOLI, 1999b).

A estabilização biológica utiliza bactérias específicas para digerir a matéria orgânica biodegradável. A estabilização química é realizada pela adição de produto químico para promover a oxidação da matéria orgânica. E a estabilização física é obtida com a ação do calor sobre a fração volátil do lodo (LIMA, 2010). Algumas das tecnologias usadas para a realização da estabilização são: estabilização química com cal, digestão anaeróbia (processo usado no presente estudo), digestão aeróbia, compostagem e tratamento térmico (MIKI *et al.*, 2006).

A estabilização com cal consiste na adição de cal ao lodo para elevar o pH acima ou igual a 12. A adição desse composto no lodo produz reações exotérmicas que somada à condição de pH elevado, limita a sobrevivência dos microrganismos, impedindo a putrefação do lodo, evitando a geração de maus odores e minimizando os riscos à saúde humana (MIKI *et al.*, 2006). Já a biológica, pode ser realizada por meio de digestão anaeróbia ou aeróbia do lodo líquido (ROCHA, 2009).

Quando aos processos biológicos, sabe-se que eles são eficazes na redução de odores, porém, o lodo continua com altos níveis de patógenos, e se o destino final escolhido for a reciclagem agrícola, será necessário um processo adicional de estabilização, e higienização, para tornar as características sanitárias do lodo compatíveis com o uso (FERNANDES; SOUZA, 2001). Um dos mecanismos para tal, é a redução de microrganismos patogênicos após processo de digestão anaeróbia (Tabela 3).

Tabela 10 – Redução de patógenos após digestão anaeróbia do lodo em número/100 ml.

Patógeno	Lodo bruto	Lodo digerido
Vírus	380 a 7×10^4	ND a 10^3
Coliformes totais	$4,3 \times 10^9$ a $5,0 \times 10^9$	$3,0 \times 10^4$ a $7,0 \times 10^7$
Coliformes fecais	$1,4 \times 10^9$ a 10^9	ND a $7,8 \times 10^6$
Salmonella	3 a $4,6 \times 10^4$	3 a 62
Estreptococos	$2,3 \times 10^7$ a $1,5 \times 10^8$	ND a $2,2 \times 10^6$
Ovos de helmintos	20 a 700	30 a 70

Fonte: Fernandes e Souza (2001).

Na digestão anaeróbia, a matéria orgânica contida no lodo é degradada por meio de processos metabólicos fermentativos com a formação de produtos gasosos estáveis como o metano e o dióxido de carbono conforme detalhado no item 3.3. A digestão anaeróbia reduz cerca de 35 a 60% de sólidos voláteis, dependendo da natureza do lodo e das condições operacionais do sistema de digestão (MIKI *et al.*, 2006), sendo capaz de reduzir os níveis de organismos patogênicos existentes no lodo, no entanto a etapa de higienização é necessária porque muitos parasitas intestinais e seus ovos permanecem ativos após processos de digestão convencional (ANDREOLI *et al.*, 2001).

DESAGUAMENTO DO LODO

O desaguamento ou desidratação de lodo é uma operação unitária que reduz o volume do lodo em excesso por meio da redução de seu teor de umidade. A capacidade de perda de umidade varia com o tipo de lodo. Essa variação na capacidade de desaguamento está diretamente relacionada ao tipo de sólido e à forma pela qual a água está ligada às partículas do lodo. Sob condições favoráveis é possível reduzir a umidade do lodo a níveis inferiores a 10%, inviabilizando a sobrevivência de organismos patogênicos (GONÇALVES *et al.*, 2001; PEDROSA *et al.*, 2006). O desaguamento do lodo é justificado pelos seguintes motivos (MIKI *et al.*, 2006):

- Redução do custo de transporte para o local de disposição final.
- O lodo desaguado, geralmente, é mais facilmente manipulado.
- A desidratação permite incineração mais eficiente.
- Redução do volume para disposição em aterro sanitário ou reuso agrícola;
- Pode garantir redução na geração de maus odores.

A desidratação do lodo pode ser realizada através de processos naturais ou mecânicos. Como processos naturais pode-se citar leitos de secagem e lagoas de lodo. Já os processos mecânicos mais utilizados no Brasil são centrífugas, prensas desaguadoras e filtros-prensas (GONÇALVES *et al.*, 2001).

LEITOS DE SECAGEM

A secagem do lodo tem grande impacto nos custos de disposição final: quando o lodo é desidratado de uma concentração de 2% de sólidos para 20% de sólidos o seu volume é reduzido em 90%. Os sistemas naturais de secagem de lodo são dependentes do clima, favorecendo a adoção dessas técnicas em regiões quentes. Leitos de secagem são indicados para comunidades de pequeno e médio portes, com ETE's tratando uma população equivalente de até 20 mil habitantes localizada em áreas afastadas da zona urbana (FERREIRA, 2001; FERREIRA; ANDREOLI, 1999b).

A efetividade do processo de secagem do lodo ao ar depende muito do clima local: a secagem ocorre mais rapidamente e mais completamente em clima quente e seco, e mais lentamente em clima frio e úmido (LOZER, 2012). A secagem natural do lodo pode promover, em determinadas situações, uma remoção considerável de organismos patogênicos devido à exposição prolongada do material ao sol, que eleva a temperatura do lodo (GONÇALVES *et al.*, 2001).

A remoção de umidade do lodo em leitos de secagem ocorre através de dois mecanismos distintos: percolação e evaporação. Geralmente a maior parte da água é removida por percolação. Durante as primeiras 72 horas, a percolação é a responsável pela eliminação da grande maioria do líquido; após esse período, o lodo adquire consistência pastosa. A percolação cessa quando a umidade do lodo chega a 80%, aproximadamente. A partir daí, para que o teor de sólidos do lodo aumente é necessário que a água evapore (PEDROSA, *et al.*, 2006).

A camada drenante é constituída por camada suporte, meio filtrante e sistema de drenagem. Os leitos de secagem geralmente ficam ao ar livre, mas podem também ser dotados de cobertura que impeça a entrada da água de chuva, porém com aberturas laterais para facilitar a evaporação (FERREIRA; ANDREOLI, C., 1999b).

A camada suporte é constituída por tijolos perfurados capazes de manter a estabilidade mecânica do sistema e ao mesmo tempo permitir a passagem do excesso de água. O meio filtrante é composto por camadas de brita, seguida de areia. Já o sistema de drenagem é constituído de tubos perfurados dispostos abaixo do meio filtrante, drenando o líquido percolado através das camadas superiores (JORDÃO; PESSÔA, 2005). Val ressaltar que há uma composição típica do sistema de drenagem de um leito de secagem (Figura 3).

Figura 18 – Composição típica da camada drenante de um leito de secagem.

Fonte: autores (2015)

Cada leito é operado individualmente e deve receber todo o volume a ser desaguado de uma só vez (GONÇALVES *et al.*, 2001). O tempo necessário para um ciclo de secagem de lodo num leito (T_t) se compõe de quatro períodos diferentes (AISSE; ANDREOLI, 1999):

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \text{ (dias)}$$

Onde:

T_1 = Tempo para preparação do leito e descarga do lodo;

T_2 = Tempo de percolação;

T_3 = Tempo de evaporação para se atingir a fração desejada de sólidos;

T4 = Tempo para remoção dos sólidos secos.

Os períodos T1 e T4 dependem essencialmente de fatores relacionados com a gerência do leito (AISSE; ANDREOLI, F., 1999).

Em condições climáticas normais, o lodo poderá ser removido do leito de secagem após um período de 12 a 20 dias, com a umidade em torno de 70 a 60% (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

LEITOS DE SECAGEM COM COBERTURA PLÁSTICA

A adição de cobertura plástica transparente em leitos de secagem, permite que o leito adquira configuração de uma estufa agrícola, evita a entrada de água da chuva e melhora o aproveitamento da energia solar para aumentar a temperatura do lodo; contribuindo para a aceleração da perda de umidade e destruição de organismos patogênicos. O aumento da temperatura se dá mediante a absorção pelo lodo da irradiação solar (PEDROSA *et al.*, 2006).

Estudos realizados em diferentes regiões brasileiras testaram o uso de estufas agrícolas com e sem revolvimento do lodo como método de higienização. Nesses estudos, o revolvimento expõe a camada inferior do perfil do lodo à superfície, proporcionando a exposição à radiação solar, redução de umidade e, conseqüentemente, redução de organismos patogênicos (COMPARINI; ALÉM SOBRINHO, 2003). A destruição de organismos patogênicos se torna particularmente importante se o lodo seco for utilizado como insumo na agricultura (GONÇALVES *et al.*, 2001)

O processo de secagem do lodo nos leitos é fortemente influenciado pela temperatura ambiente e pela umidade relativa do ar. O processo de secagem pode levar de algumas semanas a alguns meses devido à influência desses fatores. A adição de cobertura no leito pode contribuir para o controle desses fatores ambientais agilizando o processo de secagem do lodo. A utilização de leitos de secagem com cobertura plástica além de impedir a entrada da chuva possibilita o uso da energia solar para aquecer o lodo, reduzindo dessa maneira a concentração dos agentes patogênicos (BORGES *et al.*, 2009).

DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO

ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS AO USO AGRÍCOLA DO LODO RESOLUÇÃO Nº 375/2006 DO CONAMA

No Brasil o uso do bio-sólido como insumo agrícola deve seguir as exigências estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 375 define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências (BRASIL, 2006). Nessa Resolução são especificados os padrões de qualidade do lodo com relação à concentração máxima permitida de compostos inorgânicos (metais pesados), compostos orgânicos e agentes patogênicos para o lodo destinado ao reuso agrícola.

A Resolução nº 375/2006 do CONAMA aborda vários aspectos relacionados ao gerenciamento do lodo e de seus produtos derivados (produtos destinados ao uso agrícola que contem lodo em sua composição) para aproveitamento na agricultura e também como evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Bem como a caracterização do lodo de esgoto ou de produto derivado deve abordar os aspectos de estabilidade, potencial agrônomo, substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas e indicadores bacteriológicos e patogênicos. Finalmente, essa resolução apresenta diretriz quanto a estabilidade leva em consideração a relação entre sólidos voláteis (SV) e sólidos totais (ST). E para que o lodo seja considerado estável a relação SV/ST deve ser inferior a 0,7.

De acordo com as concentrações de indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos no lodo de esgoto ou produto derivado (Tabela 4), a Resolução classifica o lodo ou produto derivado em Classe A ou Classe B. O lodo Classe A tem uso mais abrangente que a Classe B, sendo seu uso

proibido em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. O uso do lodo ou produto derivado Classe B é restrito ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação.

Tabela 11 – Limite máximo de concentração de metais para lodo ou produto derivado destinado ao reuso agrícola. Paragominas – PA.

Parâmetros	Concentração Máxima permitida (mg/kg, base seca)
Arsênio (As)	41
Bário (Ba)	1300
Cádmio (Cd)	39
Chumbo (Pb)	300
Cobre (Cu)	1500
Cromo (Cr)	1000
Mercúrio (Hg)	17
Molibdênio (Mo)	50
Níquel (Ni)	420
Selênio (Se)	100
Zinco (Zn)	2800

Fonte: Brasil (2006).

De acordo com a legislação atual, deve-se promover o monitoramento de indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos, bem como a concentração máxima permitida para reuso agrícola do lodo e de produtos derivados (Tabela 5).

Tabela 12 – Concentração de patógenos por classe de lodo ou produto derivado. Paragominas – PA.

Concentração de patógenos	
Lodo de esgoto ou produto derivado Classe A	
Coliformes Termotolerantes	<10 ³ NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos	<0,25 ovo / g de ST
Salmonella	ausência em 10 g de ST
Vírus	<0,25 UFP ou UFF / g de ST
Lodo de esgoto ou produto derivado Classe B	
Coliformes Termotolerantes	<10 ⁶ NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos	<10 ovos / g de ST

Fonte: Brasil (2006).

UTILIZAÇÃO DE BIOSSÓLIDO NA AGRICULTURA

O lodo produzido em ETE's quando processado adequadamente de forma a possibilitar o seu manuseio seguro para aplicação em alguma modalidade de uso benéfico, como o reuso agrícola, recebe o termo de bio sólido. De acordo com existem várias formas tecnicamente aceitáveis de destinação final para o lodo proveniente de ETE's. As mais usuais são: reuso agrícola, disposição em aterro sanitário, incineração e *landfarming*. O lodo tem alto teor de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o que viabiliza a sua utilização na agricultura após tratamento adequado que vise a estabilização, desaguamento e higienização do lodo (ANDREOLI; PEGORINI, 2003; FERREIRA; ANDREOLI, 1999c; VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO 2006).

O reuso do lodo na agricultura, além de transformar um resíduo em um importante insumo agrícola que fornece matéria orgânica e nutrientes ao solo, também gera benefícios indiretos ao homem e ao meio ambiente. Os benefícios incluem a redução dos danos à saúde humana causados pela incineração, redução da dependência de fertilizantes químicos e melhoria das condições para o balanço do dióxido de carbono pelo incremento da matéria orgânica no solo (FERREIRA, 2001).

MATERIAL E MÉTODOS

Serão abordados a seguir os assuntos: descrição geral do plano experimental, caracterização da área de estudo, descrição do tratamento realizado na ETE Morada do Sol, construção do leito de secagem, plano de amostragem e as metodologias utilizadas para análise do desaguamento e higienização do lodo para fim de reuso agrícola.

DESCRIÇÃO DO PLANO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi realizada em leito de secagem localizado no município de Paragominas, com a finalidade de caracterizar o lodo bruto e o tratado, verificando seu desaguamento e higienização. O leito de secagem é operado pela Agência de Saneamento local, contendo cobertura de lona plástica translúcida, semelhante a uma estufa agrícola. O mesmo possui 4 módulos independentes, sendo que cada módulo possui uma área de 50 m².

Para efeito de análise da viabilidade sanitária e ambiental do lodo após os processos de desaguamento e higienização, a escolha dos parâmetros analisados baseou-se nos determinantes contidos na Resolução Conama 375/2006 – que dispõe sobre o reuso agrícola do lodo de esgoto.

O monitoramento do desaguamento e higienização do lodo foi realizado em dois momentos distintos (Tabela 6). Foram realizadas duas descargas do lodo no leito de secagem: uma no período mais chuvoso (abril e maio) e uma no período menos chuvoso (julho e agosto), visando obter dados sob diferentes influências climáticas.

Tabela 13 – Período do monitoramento. Paragominas – PA.

Ciclo	Meses	Início	Fim	Período
1º Ciclo	Abril e maio	29/04/2015	26/05/2015	Chuvoso
2º Ciclo	Julho e agosto	07/07/2015	03/08/2015	Seco

Fonte: autores (2015)

Quanto aos parâmetros físicos e químicos analisados, eles foram efetuados em coletas distintas nos dois ciclos.

Tabela 14 – Parâmetros analisados nas coletas. Paragominas – PA.

Coleta	Parâmetros analisados
1ª e 5ª coletas	<p>Potencial agronômico do lodo (carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato/nitrito, nitrogênio total, pH em água (1:10), potássio total, sódio total, enxofre total, cálcio total, magnésio total, umidade, sólidos voláteis, e sólidos totais). Caracterização química do lodo quanto à presença dos seguintes elementos: As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, Se, Mo e Zn.</p> <p>Presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos (coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e <i>Salmonella</i>).</p> <p>Caracterizar o lodo quanto ao aspecto estabilidade.</p> <p>Temperatura e umidade relativa externa a estufa no momento da coleta.</p> <p>Temperatura e umidade relativa interna a estufa no momento da coleta.</p> <p>Temperatura do lodo no momento da coleta.</p> <p>Altura do lodo no leito de secagem.</p>
2ª, 3ª e 4ª coletas	<p>Presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos (coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos, <i>Salmonella</i>).</p> <p>pH, umidade, sólidos voláteis e sólidos totais.</p> <p>Temperatura e umidade relativa externa a estufa no momento da coleta.</p> <p>Temperatura e umidade relativa interna a estufa no momento da coleta.</p> <p>Temperatura do lodo no momento da coleta.</p> <p>Altura do lodo no leito de secagem.</p>

Fonte: autores (2015)

Para cada ciclo, foram previstas cinco coletas, com defasagem máxima de sete dias, obedecendo aos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 375/2006. Em todas as amostras

foram monitorados os parâmetros ST e SV buscando avaliar a estabilidade do lodo, umidade e pH, além dos parâmetros *Salmonella sp.*, ovos viáveis de helmintos e coliformes termotolerantes, analisados visando promover o adequado enquadramento do bio sólido nas classes de lodo de esgoto ou produto derivado denominadas A e B, que diferem entre si pelas exigências de concentrações limites presentes no lodo para determinação das culturas aptas a receberem o produto final.

Os parâmetros dos itens de potencial agrônômico e substâncias inorgânicas da referida resolução foram verificados no início e término de cada ciclo de monitoramento (1ª e 5ª coletas).

Durante a realização dos experimentos foram monitoradas *in loco*, no momento das coletas, as temperaturas e umidades máximas e mínimas internas e externas à estufa. Além disso, foi considerado o índice de precipitação para o período do experimento, através de consulta ao INMET.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Paragominas localiza-se no estado do Pará, entre os meridianos 2° 25' e 3° 48' de latitude sul e 46° 25' e 48° 53' de longitude oeste, a uma altitude de 90 m, abrange uma área de 19.342,254 km², localizado na região fisiográfica Guajarina, microrregião de Paragominas, no sudeste do estado. A distância entre o município e a capital paraense, Belém, é de aproximadamente 300 km (SANEPAR, 2014).

A estimativa da população residente no município para o ano de 2014 foi de 105.417 habitantes (IBGE, 2014). O clima do município de Paragominas é do tipo mesotérmico e úmido. (A temperatura média anual é elevada, em torno de 25° Célsius). Seu regime pluviométrico fica, geralmente, entre 2.250 mm e 2.500 mm anuais. As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem, igualmente, durante o ano, sendo de janeiro a junho sua maior concentração (cerca de 80%), implicando grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes escoamentos superficiais e cheias dos rios. A umidade relativa do ar gira em torno de 85% (SEPOF, 2007).

O município de Paragominas possui um dos melhores índices de saneamento do estado do Pará, com cerca de 80% da população urbana com abastecimento de água tratada, e um avanço gradativo no setor de esgotamento sanitário, que atende atualmente cerca de 10 % da população urbana. O município atualmente realiza a construção de uma Estação de Tratamento que atenderá toda a cidade, através de fases de expansão (SANEPAR, 2014).

DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA ETE. CONJUNTO RESIDENCIAL MORADA DO SOL

A ETE do Condomínio Morada do Sol (Figura 4a) apresenta a capacidade para atendimento de 5.000 pessoas, considerando uma contribuição igual a 150l/hab./dia e apresenta o tanque de adensamento de lodo (Figura 4b), unidade relevante na operação da referida estação.

Figura 19 – a) ETE Morada do Sol; b) Tanque de adensamento de lodo. Paragominas – PA. **Fonte:** autores (2015)

De acordo com os valores apresentados, a eficiência atual da ETE Morado do Sol é de 80,31% para remoção de DBO, tanto no esgoto bruto e efluentes finais (Tabela 7).

Tabela 7 - Caracterização do afluente e efluente da ETE Morada do Sol. Paragominas – PA.

Parâmetro	Afluente	Efluente
Amônia (NH ₃)	62,4 mg/L	50,1 mg/L
DBO _{20°C}	162 mg/L de O ₂	31,9 mg/L de O ₂
DQO	361 mg/L de O ₂	116 mg/L de O ₂
Fósforo Total	5,11 mg/L	5,10 mg/L
Materiais sedimentáveis	5,0 mL/L	3,0mL/L
Nitrato	0,7 mg/L	0,9 mg/L
Nitrogênio total	75 mg/L	62 mg/L
Oxigênio Dissolvido	183 mg/L de O ₂	190 mg/L de O ₂
pH	6,56 a 21,7°C	6,59 a 21,7°C
Sólidos Totais	287mg/L	370 mg/L
Temperatura	28°C	28°C
Turbidez	105 UNT	110 UNT

Legendas: DBO – Demanda Biológica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; pH – potencial hidrogeniônico; UNT – Unidades Nefelométricas

Fonte: autores (2015)

O tratamento realizado na Estação está dividido em duas etapas: (1) pré-tratamento, composto de poço de visita, caixa de remoção de areia, retenção e drenagem de materiais grosseiros, poço de sucção com bombas de transferências; (2) tratamento biológico do lodo (Tabela 8).

Tabela 15 – Dimensões dos componentes da ETE Morada do Sol. Paragominas – PA.

Reator Anaeróbio- UASB				
Unidades	Diâmetro útil	Altura útil	Volume útil	Configuração
2	Ø 3.200 mm	5.780 mm	46.47 m ³	Cilíndrico, vertical, fundo plano apoiado.
Tanque Adensamento de Lodo (TAL)				
Unidades	Diâmetro útil	Altura útil	Volume total	Configuração
2	Ø 2.500 mm	2.500 mm	7,85 m ³	Cilíndrico, vertical, fundo plano apoiado.
Tanque de Contato de Desinfecção (TCD)				
Unidades	Diâmetro	Altura Total	Volume Útil	Configuração
1	Ø 3.000 mm	1.500 mm	10,60 m ³	Cilíndrico, vertical, fundo plano apoiado.

Fonte: Sanepar (2013).

Os efluentes sanitários ao chegarem na estação, passam por uma calha Pashal e encaminham-se a uma etapa de pré-tratamento, envolvendo o gradeamento e caixa desarenadora, visando a remoção de sólidos grosseiros e areia. Posteriormente, os efluentes passam pelo reator UASB. Nessa unidade de tratamento, a depuração decorre de um intenso contato entre esgoto afluyente e um manto de lodo suspenso previamente maturado, rico em microrganismos anaeróbios, presentes no equipamento. Depois de passar pelo reator, os efluentes seguem para o filtro anaeróbico, que complementa o tratamento retendo sólidos, conferindo maior estabilidade ao efluente.

O tanque de adensamento destina-se ao armazenamento do lodo produzido nos reatores anaeróbios, para posterior descarte. De modo que esta unidade contribui para a estabilização do lodo. No entanto, ressalta-se a importância da operação de descarga do excesso do lodo nos tanques, visando assegurar a obtenção de um efluente final isento ou com baixa concentração de sólidos em suspensão. O serviço de limpeza desses tanques ocorre através de contrato com empresa terceirizada, onde um caminhão promove a sucção do lodo dos tanques e em seguida o desagua nos leitos de secagem para continuidade do tratamento.

ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO DO LEITO DE SECAGEM

O leito de secagem, foi dividido em 4 módulos independentes com 10 m de largura por 5 m de comprimento cada (Figura 6a), haja vista a baixa geração de lodo para preencher toda a área simultaneamente. Vale ressaltar que o estudo acompanhou a construção do leito de secagem (Figura 6b)

Figura 20 – a) Construção dos módulos e do leito de secagem; b) Cobertura dos leitos de secagem. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

Nessa pesquisa, foi monitorado apenas um módulo do leito, sendo o mesmo para os dois ciclos. Ele possui a parte superior e a frontal cobertas por lona plástica translúcida, com 150 micrômetros de espessura para evitar a entrada de água da chuva, sendo as laterais abertas, facilitando a ventilação interna e a remoção da umidade dentro da estufa, uma vez que essa se torna elevada por conta da evaporação da água livre contida no lodo. Em relação a cobertura do leito (Figura 7a) e o leito de secagem (Figura 7b), ambos foram construídos durante essa pesquisa.

Figura 7 – a) Detalhes da cobertura do leito de secagem; b) composição do meio filtrante do leito de secagem. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

Vale ressaltar que a cobertura do leito foi construída com altura máxima central de 3,10 m acima da mureta dos módulos, que possuem 0,85 m sob a camada de areia, estando esta altura de acordo com os valores entre 0,5m e 1 m (NBR 12209/1992), com a finalidade de evitar a entrada de águas pelo escoamento superficial da área. Em relação ao a estrutura do leito, ela foi alocada entre pilares e arcos de sustentação de madeira. Mas, durante os 15 primeiros dias do primeiro ciclo de monitoramento, o leito não contava com a lona plástica na parte frontal, esta foi colocada posteriormente, visando evitar a influência da água da chuva, uma vez que a direção do vento promovia este lançamento para dentro do leito, o que poderia resultar numa possível interferência na umidade do lodo.

Em relação ao fundo do leito de secagem, ele possui a função de promover a remoção do líquido intersticial, através do material drenante, e o meio filtrante dos leitos de secagem deve ser composto de brita e areia em diferentes granulometrias (NBR 12209/19920). Ele possui paredes e fundo impermeabilizados sob a camada do meio filtrante (Figura 8), sendo o fundo plano, com inclinação de aproximadamente 2 cm em direção ao coletor principal de escoamento do líquido drenado, constituído por tubo dreno com diâmetro de 100mm, conforme o valor mínimo recomendado pela NBR 12209/1992.

Figura 8 – Impermeabilização das paredes internas e fundo do leito. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

O descarte do lodo no leito é feito por queda livre sob a proteção de broquete com espessura de 6 cm, resistentes a operação de remoção do lodo seco, colocados com juntas de dois cm tomadas

com areia grossa. O sistema de drenagem do leito envolve um sumidouro instalado a 100 metros de distância do mesmo. Ressalta-se que o líquido drenado não foi objeto deste estudo.

PLANOS DE AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas em horários distintos do dia, seguindo a disponibilidade do técnico da Agência de Saneamento para acompanhar e permitir o acesso à área, a fase experimental para o primeiro ciclo compreendeu o período entre 29/04/2015 e 26/05/2015 e para o segundo ciclo compreendeu o período de 07/07/2015 encerrando em 03/08/2015. O procedimento de amostragem seguiu o item 4.2.5 da NBR 10.007 que estabelece os procedimentos de amostragem para resíduos sólidos. A composição amostral foi através da divisão do leito em quatro pontos, em uma rede quadriculada imaginária, conforme sugerido na norma referida. Desse modo, de cada área foi retirada uma amostra simples do lodo, com auxílio de uma pequena pá, confeccionada para este fim (Figura 9a). Em seguida, as amostras simples eram homogeneizadas e quarteadas de forma a obter uma amostra composta representativa (Figura 9b).

Figura 9 – a) Utilização da pá em coleta de lodo; b) amostra composta coletada. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015)

Para a realização das coletas foi utilizada caneca amostradora para o lodo em fase líquida no momento da descarga do efluente no leito de secagem, e nas demais coletas utilizou-se pá coletora, baldes, e frascos de vidro para coleta. Ressalta-se que antes e depois de cada coleta, todos os instrumentos eram lavados em água corrente e higienizados com álcool 70% v/v. Já os recipientes de acondicionamento eram previamente esterilizados, com a finalidade de evitar qualquer contaminação das amostras.

Na ausência de um laboratório especializado no município de Paragominas, para a análise de todos os parâmetros necessários, as amostras foram encaminhadas à Belém, e distribuídas entre um laboratório central (Multianálises) e laboratórios de apoio. Desse modo, foram necessários à utilização de diversos frascos de vidro (Figura 10), com preservação por refrigeração adequada até o momento do recebimento pelos laboratórios envolvidos.

Figura 10 – Frascos de vidro utilizados para acondicionamento das amostras. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

As amostragens atenderam o previsto para um período máximo de 24 horas, desde o momento da coleta no leito de secagem até o recebimento das amostras pelo laboratório central para início das análises. As análises dos parâmetros substâncias inorgânicas, estabilidade, potencial agrônômico e indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos obedeceram às determinações do Anexo II da Resolução CONAMA 375/2006.

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DA HIGIENIZAÇÃO DO LODO

Os parâmetros analisados visando caracterizar a higienização do lodo obedeceram aos itens estabelecidos no § 5º da Resolução CONAMA 375/2006:

- Foram analisadas as concentrações de bactérias coliformes termotolerantes e os resultados expressos em número mais provável por grama de ST (NMP/g ST).
- Ausência e/ou presença de bactérias *Salmonella sp.* sem quantificação.
- Quantidade de ovos viáveis de helmintos sem especificação de espécies ocorrentes.

A Resolução CONAMA 375/2006 estabelece a verificação do parâmetro de vírus entéricos, no entanto este não foi avaliado devido à dificuldade de serviços laboratoriais envolvendo esse item no estado do Pará, que implicaria em alto custo para envio das amostras para outra região do país. As amostras para verificação dos parâmetros microbiológicos foram analisadas semanalmente, buscando monitorar o comportamento gradativo das colônias no leito de secagem (Tabela 9).

Tabela 16 – Parâmetros para agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos. Paragominas – PA.

Item	Parâmetros	Laboratório	Frequência de análises
Agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos	Coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos, <i>Salmonella</i>	Multianálises	7 em 7 dias

Fonte: autores (2015).

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DO DESAGUAMENTO DO LODO

O desaguamento do lodo foi analisado através da verificação semanal dos parâmetros de umidade, sólidos totais e voláteis (Tabela 10). O laboratório responsável e a frequência com que as análises foram realizadas

Tabela 17 – Parâmetros para estabilidade. Paragominas – PA.

Item	Parâmetros	Laboratório	Frequência de análises
Estabilidade	Umidade, sólidos voláteis, sólidos totais e pH.	Multianálises	7 em 7 dias

Fonte: autores (2015).

Além dessa caracterização foi observado ainda o decréscimo da lâmina de lodo colocada no leito, através do monitoramento realizado com uma régua instalada na parte interna da mureta (Figura 11).

Figura 11 – Régua instalada na parte interna do leito. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DAS SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS E DE POTENCIAL AGRONÔMICO

- Substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas

As substâncias inorgânicas analisadas correspondem ao § 2º da Resolução CONAMA 375/2006, referente às substâncias mais comuns de serem encontradas no meio e que podem representar algum risco de contaminação no solo e recursos hídricos. Deste modo, esse item foi analisado inicialmente no lodo bruto coletado no momento do despejo em leito de secagem e no fim de cada monitoramento, visando verificar a influência do processo do tratamento nas características iniciais do produto.

- Potencial agronômico

As substâncias presentes neste item apresentam propriedades relevantes ao uso agrícola do lodo de esgoto, deste modo, o monitoramento tem como objetivo constatar os benefícios da introdução do composto para reuso agrícola (Tabela 11).

Tabela 11 – Parâmetros para substâncias inorgânicas e potencial agronômico. Paragominas – PA.

Item	Parâmetros	Laboratório	Frequência de análises
Substâncias inorgânicas	Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Selênio (Se), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn).	Multianálises	28 dias – início e fim do monitoramento
Potencial agronômico	carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato/nitrito, nitrogênio total, potássio total, sódio total, enxofre total, cálcio total, magnésio total,	Multianálises	28 dias – início e fim do monitoramento

Fonte: autores (2015).

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO PERÍODO DO EXPERIMENTO

A literatura em geral relacionada ao estudo do desaguamento e higienização de lodo de esgoto em leitos de secagem indica que as condições meteorológicas da região influenciam nos processos referidos. Entretanto, a grande maioria das pesquisas similares foi realizada em outras regiões do Brasil, tendo a necessidade de monitorar condições climáticas, como forma de possibilitar a compreensão dos dados obtidos com os experimentos na região de Paragominas e circunvizinhança.

Deste modo, foram monitorados semanalmente no momento das coletas, com o uso de termo higrômetro (Figura 12a), usado para mensurar a temperatura e umidade do ar:

- Faixa de medição de temperatura para escala interna = 0°C à +50°C (32°F a 122°F)
- Faixa de medição de temperatura para escala externa = -50°C à +70°C (-58°F a 158°F).
- Além da escala de umidade = 15% a 95% UR, com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}/^\circ\text{F}$ / $\pm 5\%$ UR.

O termômetro (Figura 12b), foi utilizado para mensuração de três temperaturas: interna e externa à estufa e do lodo. Para esta, utilizou-se um termômetro, marca Incoterm, cuja escala varia entre -10 °C a +110°C, com limite de erro equivalente a $\pm 2.0^\circ\text{C}$. Ambos os aparelhos são da marca Inconterm.

Figura 125 – a) Termo higrômetro; b) termômetro.

Fonte: autores (2015).

Vale ressaltar que devido à área não conter segurança, os equipamentos não puderam ser fixados na estrutura do leito, de modo que eram levados no momento das coletas. Além dos fatores citados, considerou-se também a precipitação acumulada mensal para o município de Paragominas, para o período do experimento, conforme dados disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente como o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel 2010 (MICROSOLFT CORPORATION, 2010), para tabulação e composição gráfica. Além da aplicação da Estatística Descritiva com cálculos das médias de temperatura interna e externa apresentadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA, UMIDADE DO AR E PRECIPITAÇÃO

A análise dos dados obtidos indicou que, no primeiro ciclo, período chuvoso (29/04/2015; 06, 13, 20 e 26/05/2015), e período seco (07, 14, 21, 28/07 e 03/08/2015) o monitoramento semanal da temperatura interna e externa e umidade interna e externa ao leito de secagem com cobertura plástica (estufa) apresentaram tendências de variações entre os valores para as médias obtidas (Tabela 12).

Tabela 12 – Temperatura interna e externa e umidade interna e externa à estufa nos dias de coleta (a) para o ciclo 1 e (b) para o ciclo 2. Paragominas – PA.

Períodos Analisados	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Interna à estufa	externa à estufa	Interna	externa
(a) Chuvoso ($\bar{x}$)	32,08	31,62	67,80	66,40
(b) Seco ($\bar{x}$)	35,08	33,60	65,80	62,60

Fonte: autores (2015).

Os dados analisados indicaram que a temperatura média no interior e no exterior do leito de secagem foi menor para o ciclo do período chuvoso. Em contrapartida a umidade média interna (67,89%) e externa (66,40%) à estufa foi maior nesse período. Acerca dessas tendências de variações, Borges *et al.*, (2009) realizaram uma pesquisa e indicaram que o processo de secagem do lodo nos leitos é fortemente influenciado pela temperatura ambiente e pela umidade relativa do ar. Desse modo, as condições ambientais do segundo ciclo de monitoramento foram mais favoráveis a secagem do lodo.

Em relação à taxa de precipitação acumulada mensal, em 2015, no município onde se desenvolveu esta pesquisa, os dados obtidos indicaram que, para o primeiro ciclo de monitoramento, as taxas de precipitação variaram, pois, em abril, a taxa equivaleu a 200 mm e, em maio, 100 mm. Em contrapartida, para o segundo ciclo, a precipitação acumulada mensal para os meses de julho e agosto, foi considerada muito pequena, ou seja, abaixo de 50 mm (Figura 13).

Figura 13 – Precipitação acumulada mensal em 2015. Paragominas – PA

Fonte: INMET (2015)

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE DO LODO

O monitoramento da temperatura e umidade do lodo em processo de secagem foi realizado a cada sete dias. Nesse mesmo período, efetuou-se o monitoramento da umidade do lodo nos dois ciclos (Figura 14).

Figura 14 – Comparação do teor de umidade do lodo no período chuvoso e seco. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

Os dados obtidos indicaram que os valores para a umidade inicial do lodo nos dois ciclos mostraram tendência à similaridade (87,3%) em ambos os períodos analisados. No entanto, observa-se que o lodo de descarte do segundo ciclo (período seco) apresentou tendência a diminuição no 28º dia (8,98%). Em contrapartida, o lodo de descarte do primeiro ciclo (período chuvoso), os valores da umidade na 2ª e 4ª coletas, evoluíram (+3%). Tal fato pode ser justificado pela entrada de água da chuva no leito, uma vez que no período inicial do primeiro ciclo o mesmo não possuía proteção frontal plástica.

Acerca da redução da umidade, Jordão e Pessoa (2005), realizaram pesquisa e os dados que obtiveram, indicaram que, em climáticas favoráveis, o lodo poderá ser removido do leito de secagem num período de aproximadamente 20 dias, com o teor de umidade em torno de 70 a 60% em Esses dados obtidos para o desaguamento do lodo em leitos de secagem mostram-se condizentes com aqueles encontrados naquela pesquisa.

Vale ressaltar que a redução da umidade é um fator relevante na redução da concentração de ovos de helmintos da massa de lodo, entretanto, outras condições como temperatura e radiação solar também são fundamentais para a completa inviabilização dos ovos (THOMAZ-SOCCOL *et al.*, 1999). Sob condições favoráveis é possível reduzir a umidade do lodo a níveis inferiores a 10%, inviabilizando a sobrevivência de organismos patogênicos (PEDROSA *et al.*, 2006). Deste modo esse parâmetro é de extrema importância, pois influencia diretamente na higienização do lodo.

Quanto a relação entre a temperatura e umidade do lodo a análise dos dados indicou que, no período seco (segundo ciclo), a média da temperatura do lodo atingiu valor superior à média da temperatura no período chuvoso (primeiro ciclo). Sendo a temperatura máxima registrada de 37 °C no período seco e de 32 °C no período chuvoso (Tabela 14).

Tabela 14 – Relação entre temperatura e umidade do lodo no ciclo chuvoso e seco. Paragominas – PA.

Períodos	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Médias		
Chuvoso	29,8	82,2
Seco	32,6	61,3

Fonte: autores (2015).

No estudo sobre inviabilização de agentes patogênicos efetuado por Andreoli *et al.* (20001), eles concluíram que, para ocorrer a inviabilização de alguns agentes patogênicos é necessário que o lodo atinja uma temperatura de pelo menos 55 °C com tempo de exposição de no mínimo 60 minutos.

Outro fator que provoca isso, foi indicado na pesquisa realizada por Pedrosa (2010). Nesta, os dados indicaram que a inativação térmica de 99,9 % de ovos viáveis em biossólidos digeridos são necessários aproximadamente um tempo de exposição de 32 minutos a 58 °C. Na pesquisa realizada em Marabá, a tendência de variação para mais ou para menos não foi registrada temperatura nesta faixa, todavia, não se pode afirmar que o lodo não a atingiu, uma vez que o monitoramento da temperatura foi realizado apenas semanalmente e em algumas coletas a temperatura ambiente era amena em virtude do horário.

INFLUÊNCIA DA TAXA DE SÓLIDOS TOTAIS NO DESAGUAMENTO DO LODO

Os dados obtidos e analisados para o desaguamento do lodo, indicaram que houve um valor de massa ST mais elevado no primeiro ciclo quando comparado com o segundo, embora a altura inicial do lodo em ambos os ciclos tenha similaridade (Tabela 15).

Tabela 15 – Cálculo da taxa de Sólidos Totais aplicada nas duas descargas de lodo. Paragominas – PA.

Descarga	Altura inicial do lodo (cm) (1)	Teor de sólidos (%) (2)	Volume (L) (3) = (1) x S x 10	Massa ST (Kg.ST) (4) = (2) x 10 ⁻² x (3) x 1,06	Taxa de ST (Kg.ST/m ²) (5) = (4) / S
1ª ciclo	20	13,4	10000	1420,4	28,408
2ª ciclo	20	12,7	10000	1346,2	26,924

Nota: S = área do leito de secagem = 50 m²

Fonte: autores (2015).

A taxa de sólidos totais aplicada tem influência direta na umidade final do lodo, de modo que quanto maior a taxa aplicada mais tempo é necessário para se atingir uma umidade final desejada. Assim, para condições climáticas mais amenas em que o desaguamento é mais demorado é recomendado que seja feita uma taxa de aplicação baixa. Entretanto, em virtude das temperaturas elevadas registradas no município de Paragominas optou-se pelo experimento utilizando uma taxa de aplicação maior do que a recomendada pela norma brasileira (NBR-570,1990) que estabelece 15Kg.ST/m². Para a primeira descarga utilizou-se uma taxa de aplicação igual a 28,408Kg.ST/m² e para segunda uma taxa de 26,924Kg.ST/m².

A redução de volume do lodo no primeiro ciclo chegou a 60% no 28º dia de coleta, uma vez que a altura da lâmina de lodo passou de 20 cm, no início do monitoramento (Figura 19a) para 8 cm, no final (Figura 19b). No segundo ciclo, a redução do volume do lodo foi mais significativa (Figura 19c), e atingiu 90% no 28º dia de coleta, sendo que a altura da lâmina passou de 20 cm, no início para 2 cm no final do monitoramento (Figura 19d).

Figura 19 – aspectos do lodo, no primeiro ciclo, (a) fase inicial, (b) final; no segundo ciclo, (c) fase inicial e (d) final. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

Esses dados estão próximos dos valores encontrados por Gonçalves *et al.* (2001), em estudo realizado em escala piloto com teste de percolação, na região da Grande Vitória – ES, onde utilizou-se taxas de aplicação de 73 e 24 kg ST/m² e por um período de aproximadamente 22 dias obteve redução de volume do lodo na faixa de 62% até 85%, respectivamente.

A RELAÇÃO SV/ST

Aos dados obtidos e analisados para a relação de sólidos voláteis e sólidos totais nos dois ciclos de monitoramento, indicaram uma tendência de elevação no valor médio da relação SV/ST, no período chuvoso, quando comparado ao seco (Tabela 16).

Tabela 16 – Relação entre SV e ST nas amostras de lodo nos dois ciclos. Paragominas – PA.

Período	Dias	Relação SV/ST (%)	pH
Período chuvoso	29/04/2015	44,40	8,20
	06/05/2015	88,91	7,10
	13/05/2015	94,10	6,70
	20/05/2015	60,00	6,97
	26/05/2015	50,00	5,80
$\bar{x}$	-----	67,49	6,5
Período seco	07/07/2015	60,15	8,52
	14/07/2015	5,36	6,56
	21/07/2015	24,46	7,07
	28/07/2015	50,78	5,05
	03/08/2015	48,15	5,89
$\bar{x}$	-----	37,85	6,6

Fonte: autores (2015).

Nota-se oscilações nos resultados semanais para a relação SV/ST, isso pode ser explicado pela forma de amostragem e homogeneização das amostras. Além disso, para o primeiro ciclo, o aumento considerável de SV verificado nas coletas do dia 06/05/2015 e 13/05/15 pode ter ocorrido devido a entrada de água da chuva, que provocou aumento da umidade do lodo.

Observa-se que no primeiro ciclo ocorreu o aumento na relação entre SV/ST quando observado a primeira e última coleta, onde os valores passaram de 44,40 para 50,00%, mesmo assim o valor final foi menor que o estabelecido na Resolução CONAMA 375/2006, que determina o valor de estabilidade inferior a 70% para lodo destinado ao reuso agrícola. No que diz respeito ao segundo ciclo a relação entre SV/ST quando observado a primeira e última coleta, sofreu uma redução, apesar das oscilações no decorrer do experimento. Desse modo, o valor final obtido para a estabilidade do lodo foi igual a 48,15%, novamente compatível com o que determina a referida Resolução.

A estabilidade do lodo nos dois ciclos de monitoramento foi comprovada pela ausência de odores nos leitos de secagem. Esses resultados comprovam a atuação eficaz do leito de secagem com cobertura plástica no processo de estabilização do lodo de ETE. Resultados semelhantes foram conseguidos por Lima (2010) sendo que esta obteve valores de até 36,9% na relação SV/ST para o lodo sem adição de cal, apenas submetido ao tratamento em leitos de secagem do tipo estufa agrícola em forma de leiras.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

A análise dos dados obtidos para o pH, indicou que houve tendência ao equilíbrio nos valores médios para os dois ciclos de monitoramento. Nota-se que o pH inicial e final do lodo para os dois ciclos de monitoramento apresentou valores aproximados (8,20 no início do período chuvoso e 8,52 no início do seco; e 5,80 ao final do período chuvoso e 5,89 ao final do período seco (Tabela 17).

Tabela 17 – Variações do pH nos dois ciclos. Paragominas – PA.

Período	Dias	pH
Período chuvoso	29/04/2015	8,20
	06/05/2015	7,10
	13/05/2015	6,70
	20/05/2015	6,97
	26/05/2015	5,80
$\bar{x}$	-----	6,93
Período seco	07/07/2015	8,52
	14/07/2015	6,56
	21/07/2015	7,07
	28/07/2015	5,05
	03/08/2015	5,89
$\bar{x}$	-----	6,62

Fonte: autores (2015).

Verificou-se que durante o período de monitoramento, nos dois ciclos, ocorreram oscilações para o valor de pH nos dois ciclos, mas a tendência geral foi de decréscimo. Isso pode estar associado a atividade microbiana que atua na massa de lodo realizando a decomposição da matéria orgânica, nesse processo são liberadas substâncias que tornam o meio mais ácido.

INDICADORES BACTERIOLOGICOS E AGENTES PATOGENICOS

SALMONELLA SP.

Os dados obtidos e analisados para *Salmonella* sp., indicaram que, nos dois ciclos de monitoramento, houve presença (P) em duas (uma no período chuvoso e uma no período seco) das 10 coletas analisadas (Tabela 18).

Tabela 18 – Resultados para o parâmetro *Salmonella* sp. durante os dois ciclos do experimento. Paragominas – PA.

Período	Dias	<i>Salmonella</i> sp. (1)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Período chuvoso	29/04/2015	A	86,60	32
	06/05/2015	A	90,20	27
	13/05/2015	A	79,10	32
	20/05/2015	A	90,07	30
	26/05/2015	P	65,50	28
Período seco	07/07/2015	A	87,30	27,9
	14/07/2015	A	78,00	28
	21/07/2015	P	36,60	34
	28/07/2015	A	14,90	36
	03/08/2015	A	8,98	37

Fonte: autores (2015).

É possível observar que de um modo geral houve ausência de *Salmonella* sp. ao longo do período de monitoramento para os dois ciclos; porém na última coleta do primeiro ciclo foi detectada a presença em 25 g de amostra. O art. 11 da Resolução CONAMA 375/2006 estabelece a ausência em 10 g de ST da amostra para enquadrar o lodo como Classe A.

Com relação ao lodo do segundo ciclo, a análise dos dados indicou presença de *Salmonella* sp. apenas na terceira coleta, sendo que o valor não foi quantificado pelo laboratório. No entanto, ao final do monitoramento indicou-se ausência dessa bactéria, confirmando o enquadramento do lodo monitorado no segundo ciclo como Classe A, da Resolução citada. Acerca dessas bactérias, Lima

(2010) realizou pesquisa e os dados por ele obtidos indicaram ausência de *Salmonella sp.* ao 28º dia de monitoramento com umidade do lodo em torno de 21%.

Já no estudo que Lozer (2012) efetuou, houve a presença da bactéria *Salmonella sp.* em várias amostras, tanto em leitos cobertos quanto em leitos descobertos, tal fato pode ser justificado, segundo a autora, pelos seguintes fatores: a temperatura máxima da massa de lodo não alcançou a faixa de 55 °C por no mínimo 30 minutos; ocorrência de recrescimento devido as condições ambientais favoráveis durante o experimento, com temperaturas médias em torno de 32°C nos leitos de secagem; recontaminação por agentes externos tais como pássaros e outros animais.

Dessa forma, o aparecimento de *Salmonella sp.* na última coleta do primeiro ciclo e na terceira do segundo pode estar associado a um daqueles fatores, uma vez que a área onde encontra-se o leito de secagem em estudo, possui presença de aves e outros animais, e a temperatura média do lodo registrada não atingiu a temperatura ótima recomendada para a inviabilização dessas bactérias.

QUANTO AOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Em relação aos coliformes termotolerantes, os dados obtidos indicaram que para o parâmetro microbiológico, o lodo dos dois ciclos já foi depositado no leito com quantidade de coliformes termotolerantes aceitáveis (Tabela 19), para ser utilizado como insumo agrícola, pois o art. 11 da Resolução CONAMA 375/2006 estabelece o valor de coliformes termotolerantes $< 10^3$ NMP/g de ST.

Tabela 19 – Resultados para o parâmetro coliformes termotolerantes nos dois ciclos de monitoramento. Paragominas – PA.

Período	Dias	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Período chuvoso	29/04/2015	93,0	86,60	32
	06/05/2015	7,0	90,20	27
	13/05/2015	17,0	79,10	32
	20/05/2015	34	90,07	30
	26/05/2015	240	65,50	28
Período seco	07/07/2015	3,6	87,30	27,9
	14/07/2015	-	78,00	28
	21/07/2015	3,6	36,60	34
	28/07/2015	3,6	14,90	36
	03/08/2015	80	8,98	37

Fonte: autores (2015).

Ao longo do período de monitoramento houve oscilação nos valores de coliformes termotolerantes, sendo que ao final dos dois ciclos, o valor de coliformes termotolerantes identificado foi superior ao valor da primeira coleta. O aumento registrado no número de coliformes para os dois ciclos pode estar associado a recrescimentos, pois, assim como a bactéria *Salmonella sp.*, as bactérias coliformes termotolerantes multiplicam-se diante de condições ideais de temperatura e umidade (Figura 20).

Figura 20 – evolução de densidade populacional de *C. termotolerantes* nos dois ciclos analisados. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

De acordo com Comparini (2001) essas bactérias possuem fato que pode ter contribuído para o recrescimento dos coliformes é a temperatura registrada ter permanecido inferior a 50 °C por no mínimo 60 minutos, condição necessária para inviabilização das bactérias (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003).

Vale ressaltar que o valor de 240 NMP/g obtido na última coleta do primeiro ciclo de monitoramento pode estar associado ao decréscimo do pH do lodo, fato responsável por criar condições favoráveis ao aumento da concentração de coliformes termotolerantes (ROCHA, 2009). Mesmo tendo havido o recrescimento das bactérias, os valores finais para esses parâmetros nos dois ciclos permaneceram dentro do estabelecido na referida Resolução, enquadrando-se como Classe A.

Lima (2010) estudando leitos de secagem com configuração de estufa agrícola obteve um lodo Classe A para o parâmetro coliformes termotolerantes no 28º dia de monitoramento com umidade média de 21% para o ciclo 1, e no 14º dia de monitoramento com umidade em torno de 64% no ciclo 2. Segundo os autores Carrington (2001) e Kone *et al.* (2007), a redução acelerada dos teores de umidade da massa de lodo é um fator positivo para a inativação dos microrganismos, porém, por si só não se configura como fator suficiente para a redução dos patógenos do lodo.

QUANTO AOS OVOS VIÁVEIS DE HELMINTOS

Os dados obtidos e analisados para helmintos, indicaram que no lodo depositado em leito, em ambos os ciclos ocorreram ausência de ovos desses parasitas. Todavia, houve indicação da presença de larvas de *Strongyloides stercoralis* (15000 por amostra) no 28º dia (Tabela 20).

Tabela 20 – Resultados da contagem de ovos viáveis de helmintos. Paragominas – PA.

Período	Dias	Ovos viáveis de helmintos (ovo/g de ST)	Umidade (%)	Temperatura (°C)
Período chuvoso	29/04/2015	Ausência	86,60	32
	06/05/2015	Ausência	90,20	27
	13/05/2015	Ausência	79,10	32
	20/05/2015	Ausência	90,07	30
	26/05/2015	Presença	65,50	28
Período seco	07/07/2015	Ausência	87,30	27,9
	14/07/2015	Ausência	78,00	28
	21/07/2015	Ausência	36,60	34

28/07/2015	Ausência	14,90	36
03/08/2015	Ausência	8,98	37

Fonte: autores (2015).

Sobre essa espécie, estudo realizado por Lozer (2012), concluiu que a quantidade de ovos viáveis desses helmintos foi majoritária, representando 83% dos resultados de todas as amostras analisadas. Em outro estudo, Veloso *et al.* (2008), concluíram que a estrongiloidíase é uma infecção parasitária intestinal produzida pelo mesmo nematódeo e predomine em crianças, em qualquer idade. Em Paragominas, a presença de larvas desse helminto pode causar tal patologia nas crianças residentes na localidade objeto dessa pesquisa.

Quanto ao segundo ciclo, a análise dos dados obtidos indicou ausência de ovos viáveis de helmintos em todas as análises. Esses dados permitem a classificação da água como Classe A, em obediência ao contido no art. 11 da Resolução CONAMA 375/2006 determina que o lodo deve apresentar ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo/g de ST para enquadrar-se nessa classe.

Lima (2010), no ciclo 3, alcançou o padrão Classe A no 14º dia de monitoramento para a leira com altura de 20 cm, sendo a umidade do lodo igual a 80,44%. Nos ciclos 1 e 2 o lodo digerido já apresentava quantidades de ovos viáveis de helmintos abaixo de 0,25 ovo/g de ST.

Já Comparini (2001) em estudo com estufa agrícola não detectou ovos viáveis no lodo a partir dos seguintes tempos de secagem e taxas de umidade: aos 71 dias com umidade igual a 12,87% (1ª repetição); aos 56 dias, com umidade igual a 28,58% (2ª repetição); aos 70 dias, com umidade igual a 11,45% (3ª repetição). Dessa forma, constata-se que foram necessários tempos maiores que 28 dias para que o lodo adquirisse características para ser enquadrado como Classe A, no que diz respeito ao parâmetro ovos viáveis de helmintos.

SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS

Os dados obtidos e analisados quanto à relação a caracterização química do lodo, indicaram a presente de quatro parâmetros não detectados, e sete com valores entre 2,95 a 47,00 mg/kg, entre o início e final de cada ciclo (Tabela 21).

Tabela 21 – Resultados substâncias inorgânicas. Paragominas – PA.

Tabela 21 – Resultados substâncias inorgânicas. Paragominas – PA.				
Parâmetro	Período chuvoso		Período seco	
	Monitoramentos			
	Início	Fim	Início	Fim
----- (mg/Kg) -----				
Arsênio	Não detectado	1,18	0,61	1,19
Bário	2,95	51,20	75,20	57,80
Cádmio	Não detectado	0,4634	0,67	0,47
Chumbo	1,10	20,30	26,90	19,50
Cobre	14,50	217	399	204
Cromo	1,49	21,60	19,40	18,50
Mercurio	Não detectado	0,28	0,28	0,19
Molibdênio	0,26	4,39	7,81	5,15
Níquel	0,80	13,00	17,70	18,30
Selênio	Não detectado	1,14	1,72	0,93
Zinco	47,0	689	1114	650

Fonte: autores (2015).

A análise dos dados obtidos indicou que a concentração das substâncias inorgânicas no lodo para os dois ciclos esteve abaixo da concentração máxima permitida pela Resolução CONAMA 375/2006. Dessa forma, quanto a esses parâmetros, o lodo dos dois ciclos enquadra-se como Classe A.

A concentração desses elementos varia enormemente em função da sua origem e do processo de pré-tratamento que o lodo foi submetido (SANTOS *et al.*, 2011). Deste modo, as baixas concentrações encontradas podem estar associadas a origem doméstica do lodo monitorado e ao pré-tratamento realizado nos reatores UASB.

Desse modo, podemos afirmar que o reuso agrícola do lodo, quando esse apresenta concentrações de substâncias inorgânicas compatíveis com as determinadas na Resolução, constitui-se como uma forma barata e ambientalmente viável de disposição final, uma vez que, segundo Melo e Marques (2000) o lodo aplicado ao solo possibilita o aumento da disponibilidade destes elementos, que permitirá a ciclagem de nutrientes pelas plantas, a melhoria na fertilidade do solo e o aumento na produtividade das culturas.

POTENCIAL AGRONÔMICO

Os dados obtidos para os teores médios dos parâmetros de interesse agrônômico que foram monitorados no início e no final de cada ciclo. No entanto, destaca-se que a Resolução CONAMA 375/2006 não determina valores específicos para os parâmetros de relevância agrônômica. Por isso, observa-se que, no ciclo realizado no período chuvoso, houve maior tendência de variação entre os valores iniciais e finais dos parâmetros avaliados, já no ciclo realizado no período seco, a tendência dos valores para as concentrações finais, de modo geral, são semelhantes com as iniciais.

Em relação ao teor de carbono orgânico, a análise dos dados obtidos indicou que houve tendência de acréscimo ao final dos dois ciclos de monitoramento. Sobre isso, Bettiol *et al.* (2006), efetuaram estudo e concluíram que valores encontrados para o teor de Corg no lodo proveniente de duas ETE's localizadas no estado de São Paulo, foram superiores aos valores encontrados neste trabalho, isso porque aqui, utilizou-se relação C/N (Tabela 22).

Tabela 22 – Resultados dos parâmetros de interesse agrônômico do lodo de ETE. Paragominas – PA.

Parâmetro	Período mais chuvoso		Período menos chuvoso	
	Início do monitoramento	Fim do monitoramento	Início do monitoramento	Fim do monitoramento
	----- (g/Kg) -----			
Carbono orgânico	24	42	24	32
Fosforo (P)	0,155	2,82	4,34	3,52
Nitrogênio Total	9,7	9,41	10,8	17,7
Nitrogênio amoniacal	Não detectado	Não detectado	Não detectado	Não detectado
Nitrato	0,00142	0,0263	0,0151	0,00364
Nitrito	0,00834	0,0006	0,00309	0,0122
Potássio (K)	0,037	0,6	1,04	0,7
Sódio (Na)	0,054	0,052	0,70	0,40
Enxofre (S)	0,381	5,45	8,9	7,9
Cálcio (Ca)	-	9,09	12,23	13,07
Magnésio (Mg)	0,081	4,87	2,901	2,05
Relação C/N	2,5/1	4,5/1	2,2/1	1,8/1

Fonte: autores (2015).

Na análise dos dados obtidos, verificou-se que a matéria orgânica apresenta um estado de degradação avançada da lignina, o que favorece o uso do lodo no solo para diferentes culturas (SILVA; MENDONÇA, 2007). Já o nitrogênio total não apresentou variações consideráveis ao longo do monitoramento e apresentou valores inferiores aos encontrados por Bettiol e Camargo (2006), porém esse resultado não interferiu negativamente na relação C/N.

Os valores dos parâmetros médios do lodo para o final dos ciclos, quando o lodo apresentou menor teor de umidade, se comparados aos de autores como Bettiol *et al.* (2006) apresenta similaridade com relação aos seguintes parâmetros: potássio, sódio, enxofre, cálcio e magnésio.

Segundo Bittencourt *et al.*, (2009) o uso de lodo de ETE na agricultura é uma das principais alternativas de destino final para esse resíduo a nível mundial.

Essa aplicação possibilita melhorar as condições físico-químicas e biológicas dos solos por meio da adição de matéria orgânica e nutrientes existentes no lodo, aumentar a resistência do solo à erosão, diminuir os efeitos negativos dos períodos de estiagem durante a safra, pois o solo adquire maior capacidade de retenção de umidade, fornece nutrientes para as plantas, aumentar a produtividade agrícola, reduzir os custos de produção dos agricultores, pois diminui-se o uso de adubos químicos, contribuir para o desenvolvimento da agricultura familiar e reduzir os impactos ambientais decorrentes da inadequada disposição final de lodo de esgoto.

ASPECTO VISUAL, ODOR E PROLIFERAÇÃO DE VETORES

Em relação ao aspecto visual do lodo nos dois ciclos de monitoramento podemos observar semelhança na coloração do lodo em ambos os ciclos no decorrer do experimento. Na primeira semana do monitoramento o lodo apresentava coloração escura tanto em extensão (Figura 21a) quanto em largura (Figura 21b). No entanto, na segunda semana observou-se que o lodo adquiriu rachaduras e coloração verde escura (Figura 21c), todavia não houve uniformidade na coloração (Figura 21d). Por isso, ela foi sendo reduzida gradativamente (Figura 21e), até atingir a coloração cinza claro, a partir da terceira semana (Figura 21f).

Figura 21 – primeira semana, aspectos do lodo no (a) Vista frontal, no primeiro ciclo; (b) vista lateral no segundo ciclo; (c) segunda semana, vista frontal do primeiro ciclo; d) segundo ciclo; terceira semana: (e) vista frontal com rachaduras sem ladrilhamento no primeiro ciclo; (f) ladrilhamento já no segundo ciclo. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015).

Com relação ao aspecto odor, o lodo monitorado nos dois ciclos não gerou odores. Constatou-se que o lodo proveniente do Reator UASB já se apresentava estável, uma vez que não foi sentido odor desagradável desde o descarte do lodo no leito de secagem até o final do monitoramento, o que comprova a eficiência do sistema de tratamento no processo de estabilização do lodo.

No que diz respeito ao aspecto proliferação de vetores foi observado no primeiro ciclo o aparecimento de larvas de moscas (Figura 22a) e presença de anfíbios (Figura 22b), sendo que a presença destes últimos pode ser justificada pela facilidade de entrada dos mesmos no leito que está localizado em área com presença significativa de vegetação.

Figura 22 – Aparecimento de: a) de larvas de moscas no primeiro ciclo; b) animais no leito de secagem. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2015)

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os valores para as médias da temperatura e a umidade, internas, ou seja, na estufa, foram maiores quando comparados com aqueles da temperatura e umidade externa à estufa, em ambos os ciclos de monitoramento. Vale ressaltar que a média das temperaturas interna e externa à estufa foi maior no período seco, e a umidade externa à estufa foi maior no período chuvoso.

O lodo monitorado no período menos chuvoso apresentou menor teor de umidade final, alcançando 8,98%. Já a média da temperatura alcançada pelo lodo foi maior no período menos chuvoso, sendo 32,58 °C. O lodo de ambos os ciclos de monitoramento apresentou valor de estabilidade final dentro do recomendado pela Resolução CONAMA 375/2006, enquadrando-se como Classe A, com relação SV/ST inferior a 0,70.

De modo geral, os valores para o item indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos apresentou bons resultados, sendo que o lodo do segundo ciclo pôde ser enquadrado como Classe A, obtendo ausência de *Salmonella sp.*, concentração de Coliformes Termotolerantes igual a 80 NMP/g e ausência de ovos viáveis de helmintos.

O lodo dos dois ciclos de monitoramento apresentou valores de substâncias inorgânicas inferiores ao limite máximo determinado pela Resolução CONAMA 375/2006, não representando riscos sanitários e ambientais para o reuso agrícola. A partir da análise dos parâmetros agrônômicos conclui-se que o lodo pode ser disponibilizado no solo como fertilizante. Essa disposição caracteriza-se como uma boa opção sob o ponto de vista econômico e ambiental.

Em síntese, o estudo mostrou que o lodo analisado no primeiro ciclo, apesar de não ter sido enquadrado como Classe A para todos os parâmetros, pode ser destinado segundo o que recomenda a Resolução 375/2006 para reuso em cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, além da recuperação de áreas degradadas. Já o lodo do segundo ciclo, enquadrado-se como Classe A, tem uso mais abrangente que a Classe B, sendo seu uso proibido em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.

Visando subsidiar novas pesquisas relacionadas ao tratamento de lodo proveniente de Reator UASB em leitos de secagem para fins de uso agrícola, recomenda-se:

- Analisar o líquido drenado, a fim de realizar a caracterização do efluente.

- Melhorar o filtro do leito de secagem, desobstruindo sujeiras e adequando à altura das camadas à NBR 12209/1992.
- Realizar o revolvimento do lodo durante o processo de secagem, ao menos uma vez por semana.
- Realizar testes de secagem e monitoramento do lodo utilizando uma lâmina superior a 20 cm de altura, e em períodos de monitoramento superiores a 28 dias.
- Desenvolver estudos comparativos utilizando os módulos do leito de secagem com cobertura e sem cobertura.
- Para o reuso agrícola do lodo, recomenda-se a correção do pH levando em consideração as características do solo e o que determina a Resolução CONAMA 375/2006.

REFERÊNCIAS

ABES, 2006. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 01-06. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/CLeverson.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

AISSE, M. M.; ANDREOLI, F. N. Estudo da desidratação do lodo anaeróbio, obtido em reatores tipo RALF, através do uso de leito de secagem e de centrífugo tipo Decanter. **Revista Sanare**, Curitiba, v.11, n.11, p. 37-43, jan./jun. 1999.

ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez. **A utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados**: viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais. 2010. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ANDREOLI, C. V. *et al.* Higienização do lodo de esgoto. In: _____. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. p. 87-117.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Reciclagem agrícola de biossólidos: impactos e regulamentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

ANDREOLI, C. V.; PINTO, M. A. T. Introdução. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. p. 21-24.

ARAUJO FILHO, Valdemar F. de. O PAC e o saneamento básico. **Revista Desafios do Desenvolvimento**. Ano 5, ed. 42, 2008. Disponível Em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=934:catid=28&Itemid=23>. Acesso em 16 out. 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992. 12 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 570**: projetos de estações de tratamento de esgoto sanitário, 1990.

BETTIOL, W. *et al.* Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto: descrição do estudo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p 17-23.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em sólidos agrícolas. In: _____. (Ed.). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p 25-35.

BITTENCOURT, S. *et al.* Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba. **REVISTA AIDIS**. v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

BORGES, E. S. M., 2009. Tratamento térmico de lodo anaeróbio com utilização do biogás gerado em reatores UASB: avaliação da autossustentabilidade do sistema e do efeito sobre a higienização e a desidratação do lodo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.14, n.3, p. 337-346, jul./set. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de ago. 2006. Seção 1, p. 141-146.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

CAMPOS, C. M. M. *et al.* Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1. p. 140-147. jan./fev., 2006.

CAMPOS, J. R. *et al.* **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, 1999.

CARRINGTON, E. G. **Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction**. Luxembourg: European Communities, 2001. 44 p. (Final Report). Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/archives/waste/sludge/pdf/sludge_eval.pdf>. Acesso em 15 out. 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. *et al.* Reatores anaeróbios de manta de lodo. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 155-198.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. v. 5. Belo Horizonte: Segrac, 1997.

COMPARINI, J. B. **Estudo do decaimento de patógenos em bio sólidos estocados em valas e em bio sólido submetidos à secagem em estufa agrícola**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

COMPARINI, J. B.; ALÉM SOBRINHO, P. Efeitos da secagem em estufa agrícola no decaimento de patógenos presentes em bio sólidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22.; FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 5. Joinville, 2003. **Anais...** Joinville: FITABES, 2003. p. 1-39.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos. In: _____. **Agenda 21**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1997. cap. 21. p. 341-356.

DALTRO FILHO, J. *et al.* Desidratação de lodo em leito de secagem, na cidade de Aracajú-SE: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis-SC: ABES, 1994. p.447-466.

FAGUNDES, T. S. **Uso de polímero natural a base de amido como auxiliar de floculação no pós-tratamento de efluentes UASB com flotação por ar dissolvido**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2010.

FERNANDES, F.; SOUZA, S. G. Estabilização de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. p. 29-56.

FERREIRA, A. C. **Monitoramento da secagem e desinfecção de lodo anaeróbio em leito de secagem com uso de estufa plástica e biogás**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Produção e características dos biossólidos. In: LARA, A. I. (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999b. p. 8-17.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Riscos associados ao uso do lodo de esgoto. In: LARA, A. I. (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999a. p. 21-26.

GONÇALVES, R. F. *et al.* Desidratação de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. p. 57-86.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2014**. 2014.

ILHENFELD, R. G. K. *et al.* Fatores limitantes. In: LARA, A. I. (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999. p. 41-61.

INMET. INSTITUTO DE METEOROLOGIA. **Estações e dados: estações automáticas – gráficos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em 21 out. 2015.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

KELM, T. A. *et al.* Avaliação do uso de lodo de Estação de Tratamento de Esgoto na estabilização de materiais para pavimentação - Universidade Federal do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2014, Goiás. 8p.

KONE, D. *et al.* Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. **Water Research**, v. 41, p. 4397-4402, 2007.

LARA, A. I. (Org.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999c. p. 18-20.

LEONETI, A. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, n. 45, p. 331-348, mar./abr. 2011.

LIMA, M. R. P. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LOZER, J. G. **Desaguamento e higienização de lodo de esgoto utilizando estufa agrícola sobre leitos de secagem**. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estação de tratamento de esgotos na agricultura**: estudo de caso no município Rio das Ostras – RJ. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 2001.

MELO, W.J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Coord.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa do Meio Ambiente, 2000. cap. 5, p.109-141.

MIKI, M. K. *et al.* Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgoto – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 49-107.

MICROSOFT CORPORATION. Excel. Disponível em:

PEDROSA, E. C. L. *et al.* Aplicação de leitos para secagem de lodo gerado em estações de tratamento de esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 109-158.

PEDROSA, M. M. *et al.* Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 11, n. 16, p. 149-160, jul./dez. 2010.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C.V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento**. Rio de Janeiro:

PINTO, M. A. T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V. *et al* (Ed.). **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFGM, v. 6, 2001 cap. 6, p. 261-296.

PONTES, P. P. Reatores UASB aplicados ao tratamento combinado de esgotos sanitários e lodo excedente de filtro biológico percolador. 2003. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

ROCHA, A. L. C. L. **Higienização de lodo anaeróbico por meio alcalino: Estudo de caso da ETE Lages – Aparecida de Goiânia – GO**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharias) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Goiânia, 2009.

SANEPAR. AGÊNCIA DE SANEAMENTO DE PARAGOMINAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Paragominas**, 2014.

SANTOS, L. M. *et al.* Determinação do potencial agrícola do lodo de esgoto por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 06, n. 1, 2011.

SEPOF. Portal da Amazônia 02/02/2007. **Paragominas, município do Pará**. Disponível em: <<http://www.portalamazonia.com.br/secao/amazoniadeaz/interna.php?id=637>>. Acesso em 22 out. 2015.

SILVA, J. E. Alternativa agronômica para o biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, Meio Ambiente, 2000. p. 143-151.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, Eduardo de Sá. Matéria orgânica no solo. In: NOVAIS, R. F. *et al* (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 275-374.

TCHOBANOGLOUS, G. *et al.* **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. Metcalf & Eddy. Inc. New York: McGraw-Hill, 2003.

THOMAZ-SOCCOL, V. *et al.* Agentes patogênicos: helmintos e protozoários. In: ANDREOLI, C. V. *et al.* (Org.). **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 1999, cap. 3, p.156-174.

VAN HAANDEL, A. C.; ALEM SOBRINHO, P. Produção, composição e constituição de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 07-28.

VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F. Geração e composição de lodo em sistemas de tratamento de esgotos sanitários. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. p. 3-27.

VELOSO, M. G. P. *et al.* Hiperinfecção por *Strongyloides stercoralis*: relato de caso autopsiado. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.** v. 41, n.4, p. 413-415, 2008.

VON SPERLING, M. *et al.* Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C. V. *et al.* (Ed.). **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 6, 2001, p. 484.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: ABES, 2002.

ZANATTA, M. C. K. **Caracterização da toxicidade de lodos de estação de tratamento de esgoto com vistas a sua aplicação agrícola**. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, SP, 2014.

Antonia Michelle Araújo Lopes

Engenheira Ambiental

Rayssa Magalhães da Silva

Engenheira Ambiental

Companhia de Saneamento de Paragominas

Gerente de Controle de Qualidade

Herenildo Aguiar Maciel

Engenheiro Ambiental

Companhia de Saneamento de Paragominas

Superintendente Geral

Aline Souza Sardinha.

Engenheira Sanitarista

Universidade do Estado do Pará

Departamento de Engenharia Ambiental

alinesardinha@uepa.br