

NOVAS DINÂMICAS DA ENGENHARIA: ATUALIDADES E PERSPECTIVAS

VOLUME 1

ORGANIZADORES:

Luis de França Camboim Neto

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Everton Nogueira Silva

Henrique Nogueira Silva





**NOVAS DINÂMICAS DAS ENGENHARIAS: ATUALIDADES E
PERSPECTIVAS
VOLUME 1**

**LUIS DE FRANÇA CAMBOIM NETO
AMÂNCIO DA CRUZ FILGUEIRA FILHO
EVERTON NOGUEIRA SILVA
HENRIQUE NOGUEIRA SILVA
(Organizadores)**



2021

2021 by Editora In Vivo
Copyright © Editora In Vivo
Copyright do Texto © 2021 O autor
Copyright da Edição © 2021 Editora In Vivo



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0).

O conteúdo desta obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, permitindo-se uso para fins comerciais.

Editor Chefe

Dr. Everton Nogueira Silva

Conselho Editorial

1 Colégio de Ciências da Vida

1.1 Ciências Agrárias

Dr. Aderson Martins Viana Neto
Dra. Ana Paula Bezerra de Araújo
MSc. Edson Rômulo de Sousa Santos
Dr. Fágner Cavalcante P. dos Santos
MSc. Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Dra. Lina Raquel Santos Araújo
Dr. Luis de França Camboim Neto
MSc. Maria Emília Bezerra de Araújo
MSc. Yuri Lopes Silva

1.2 Ciências Biológicas

Dra. Antonia Moemia Lúcia Rodrigues Portela

1.3 Ciências da Saúde

Dra. Ana Luiza M. Cazaux de Souza Velho
Dr. Isaac Neto Goes Silva
Dra. Maria Verônyca Coelho Melo
MSc. Paulo Abílio Varella Lisboa
Dra. Vanessa Porto Machado
Dr. Victor Hugo Vieira Rodrigues

2 Colégio de Humanidades

2.1 Ciências Humanas

Dra. Alessandra Maria Sousa Silva
MSc. Francisco Brandão Aguiar
MSc. Julyana Alves Sales

2.2 Ciências Sociais Aplicadas

MSc. Cícero Francisco de Lima
MSc. Erivelton de Souza Nunes
Dra. Maria de Jesus Gomes de Lima
MSc. Maria Rosa Dionísio Almeida
MSc. Marisa Guilherme da Frota

3 Colégio de Ciências Exatas, Tecnológica e Multidisciplinar

3.1 Ciências Exatas e da Terra

MSc. Francisco Odécio Sales
Dra. Irvila Ricarte de Oliveira Maia

3.2 Engenharias

MSc. Amâncio da Cruz Filgueira Filho
MSc. Gilberto Alves da Silva Neto
MSc. Henrique Nogueira Silva
Dr. João Marcus Pereira Lima e Silva
MSc. Ricardo Leandro Santos Araújo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

-
- C176n Camboim Neto, Luis de França.
Novas dinâmicas das engenharias [livro eletrônico]: atualidades e perspectivas. / Organizadores: Luis de França Camboim Neto, Amâncio da Cruz Filgueira Filho, Everton Nogueira Silva e Henrique Nogueira Silva. Fortaleza: Editora In Vivo, 2021.
v. 1, 160 p.
- Bibliografia.
ISBN: 978-65-995500-5-8
DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8
1. Engenharias. 2. Engenharias – novas dinâmicas. 3. Engenharias– atualidades. I. Título. II. Organizadores.
-

CDD 620

Denise Marques Rodrigues – Bibliotecária – CRB-3/CE-001564/O

APRESENTAÇÃO

A área do conhecimento das engenharias tem sido uma grande evolução na atualidade. Destaca-se que ao longo dos séculos, a ciência da engenharia temse desenvolvimento com avanços tecnológicos sempre alinhado com os outros saberes humanos, tais como a matemática, a geometria, a geologia, a informática etc.

Mas uma pergunta surge, quais os avanços necessários nas engenharias que serão demandados para atender as necessidades futuras em termos técnicos e uso de novos materiais?

Neste sentido, esta obra surge como um norteador a partir da apresentação de trabalhos acadêmicos que buscam expor os mais diversos avanços tecnológicos e informações para o aprimoramento de novas tecnologias para as engenharias modernas.

Tenham uma boa leitura!

Luis de França Camboim Neto

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Everton Nogueira Silva

Henrique Nogueira Silva



SUMÁRIO

Capítulo 1 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-1

Autores: Andressa Gobbi, Bruna Caroline de Paixão da Luz, Cleverson Carraro de Freitas e Gilmar Boeira da Silva.

ESTUDO COMPARATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO CONCRETO ARMADO EM AMBIENTES DE ALTA AGRESSIVIDADE..... 06

Capítulo 2 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-2

Autores: Lucas Ferraz Diniz, Débora Cristina Pereira Valões, Gustavo Ribeiro da Silva, João Marcus Pereira Lima e Silva, Monalyssa Caroline Lira da Silva Ramos, Carlos Fernando Gomes do Nascimento, Joedy Mayara Santa Rosa de Souza, Jussara Clarissa Alves de Lima Oliveira, Thiago Sette Santos, Hildo Augusto Santiago Filho, Everton Gustavo da Silva Lima e Marcos Alberto de Carvalho Silva.

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM ESTÁDIO NO SERTÃO DE PERNAMBUCO..... 20

Capítulo 3 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-3

Autores: Andressa Gobbi e Guilherme Swiech.

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DE RESÍDUO DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL..... 37

Capítulo 4 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-4

Autores: Afonso Poli Neto e Herbert Duchatsch Johansen.

COBERTURAS INTELIGENTES BASEADAS NA INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS E NANOCONTÊINERES COM INIBIDORES DE CORROSÃO..... 59

Capítulo 5 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-5

Autores: Adércio Ferreira Rodrigues e Luís de França Camboim Neto.

SEGURANÇA NO TRABALHO RURAL: RISCOS DE ACIDENTES NO TRABALHO EM SEGMENTO AGRÍCOLA..... 74

Capítulo 6 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-6

Autores: Antonio Taumaturgo Meireles de Sousa Neto, João Edivan Menezes Teixeira, Francisco Leandro Barbosa da Silva e Luís de França Camboim Neto

AVALIAÇÃO DE RUÍDO E SUA RELAÇÃO COM OS BENEFÍCIOS DA INSALUBRIDADE E PREVIDÊNCIA SOCIAL..... 89

Capítulo 7 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-7

Autores: Emanuel Duann Pontes de Moura, José Sergio Bezerra Marques e Luís de França Camboim Neto.

AGROTÓXICOS: UM MAL NECESSÁRIO..... 107

Capítulo 8 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-8

Autores: Maria Eduarda de Souza Martins e Amâncio da Cruz Filgueira Filho.

**AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO SISTEMA
CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL
PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS..... 121**

Capítulo 9 - DOI: 10.47242/978-65-995500-5-8-9

Autores: Raul Mauricio de Pontes Neto, Marinaldo dos Santos Júnior, Luiz Ricardo da Silva Linhares e Amâncio da Cruz Filgueira Filho.

**ANÁLISE DOS PROCESSOS SIMPLIFICADOS PARA A AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE GLOBAL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO..... 135**

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 157

ÍNDICE REMISSIVO..... 160



ESTUDO COMPARATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO CONCRETO ARMADO EM AMBIENTES DE ALTA AGRESSIVIDADE

Andressa Gobbi

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4231891835236735>

Bruna Caroline de Paixão da Luz

Centro Universitário UNIFACEAR, Araucária - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1065834386334909>

Cleverson Carraro de Freitas

Centro Universitário UNIFACEAR, Araucária - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5074746869913289>

Gilmar Boeira da Silva

Centro Universitário UNIFACEAR, Araucária - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6486413271552648>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

19/05/2021

Aceito em:

24/05/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Concreto armado

Ambiente agressivo

Manifestação

patológica

RESUMO

A agressividade do ambiente e a consequente durabilidade do concreto armado são condições diretamente dependentes. Estruturas em depósitos de fertilizantes e estações de tratamento de esgoto, por exemplo, estão sujeitas a uma agressividade muito elevada, física e, principalmente química. Este estudo visa corroborar para o entendimento da degradação das estruturas e, mais especificamente, a deterioração de elementos de concreto armado em ambientes de alta agressividade, salientando a importância do entendimento das normas que estabelecem critérios para a concepção estrutural em conformidade com o ambiente. Para atingir o objetivo proposto, buscou-se por meio da revisão bibliográfica os principais agentes causadores da deterioração do concreto para os dois ambientes estudados, a inspeção visual e mapeamento das estruturas, levantamento de dados com as equipes responsáveis pela operação do depósito de fertilizantes e da estação de tratamento de esgoto. A partir dos resultados obtidos, por meio de inspeções realizadas *in loco* e análises laboratoriais, constatou-se, que os elementos estruturais situados em ambientes com classe de agressividade IV e submetidos a solução aquosa e com predominância de sulfatos, apresentam maiores danos a estrutura comparando com estruturas expostas ao ataque de cloreto em depósito de fertilizante.

COMPARATIVE STUDY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Keywords:

Reinforced concrete

Aggressive environment

Pathological

manifestation

The aggressiveness of the environment and the consequent durability of the reinforced concrete are directly dependent conditions. Structures in fertilizer tanks and sewage treatment plants, for example, are subject to very high aggressiveness, both physically and mainly chemically. This study aims to corroborate the understanding of the degradation of the structures and, more specifically, the deterioration of elements of reinforced concrete in highly aggressive environments, emphasizing the importance of understanding the rules that establish criteria for structural design in accordance with the environment. In order to achieve the proposed objective, the main agents that caused the deterioration of the concrete for the two studied environments were searched through the bibliographic review, visual inspection and mapping of the structures, data collection with the teams responsible for the operation of the fertilizer deposit and sewage treatment plant. From the results obtained, by means of on - site inspections and laboratory analyze, it was verified that the structural elements located in environments with an aggressive class IV and submitted to a constant aqueous solution with a predominance of sulphates present greater damages to structure compared to structures exposed to chloride attack on fertilizer deposit.

1 INTRODUÇÃO

Por muitas décadas, era prerrogativa das edificações de concreto armado a característica de indestrutibilidade quando analisadas, atribuindo as suas degradações aos fatores externos. Nesse sentido, o concreto era livre de manutenções rotineiras e preventivas, dando margem ao entendimento profissional de finalidade social cumprida, quando da sua degradação total. Com a ampliação dos estudos e das tecnologias, as construções de concreto armado passaram a ser melhores estudadas, indicando que os seus processos de degradação iniciavam após as suas conclusões, evoluindo-se ao longo do tempo em função de diversos fatores [1].

O desgaste prematuro da estrutura gera gastos de recuperação e de reforço de forma desnecessária. Os problemas de deterioração cada vez mais acentuados e frequentes, na atualidade, exigem maiores empenhos no campo das manifestações patológicas acometidas ao concreto a fim de que se possa fazer a correta diagnose, recuperação ou demolição [2].

Desta forma, se considera primordial o estudo dos ambientes de maior grau de agressividade reconhecidos pela NBR 6118 [3], bem como realizar ensaios para a averiguação da integridade estrutural.

De acordo com a NBR 6118 [3], a agressividade ambiental de uma estrutura em projeto se classifica conforme o ambiente no qual está inserida, sendo relevante o estudo das ações físicas, químicas e outras que atuam no mesmo. Os estudos das ações que possam influenciar na durabilidade do concreto devem ser considerados independente das ações mecânicas, variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e aquelas que podem ser, de qualquer forma, previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

2 DETERIORAÇÃO DO CONCRETO ARMADO

Para Mehta e Monteiro [4] existem dois grandes grupos que causam a deterioração do concreto armado e que interferem diretamente na sua durabilidade e vida útil. Esses grupos se dividem em físicos e químicos e podem ocorrer de forma intrínseca e extrínseca, isolados ou concomitantes. Como causas físicas da deterioração do concreto, entende-se, as manifestações de desgaste de superfície e de fissuração. Para Souza e Ripper [5] são problemas menos relevantes em ambientes industriais, quando comparadas com as solicitações químicas desse ambiente.

No que diz respeito às causas químicas de degradação do concreto armado, integra-se o ataque de alguns gases ou líquidos específicos por íons agressivos, incluindo os cloretos, sulfatos e o dióxido de carbono, e, ainda, as reações de álcali-agregado [4]. Para Souza e Ripper [5], essas solicitações químicas são comumente as que mais contribuem para as deteriorações em ambientes industriais. Das manifestações patológicas encontradas normalmente nas duas estruturas selecionadas para a realização do estudo de ambiente de alta agressividade, pode-se citar como agentes químicos: gás carbônico e os íons cloreto e sulfato.

A carbonatação ocorre por processos de reação do gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera com compostos químicos, como, por exemplo, o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que é o resultado da hidratação da pasta de cimento, originando o carbonato de cálcio (CaCO_3). Essa reação representa para a estrutura uma diminuição significativa da alcalinidade, passando de um pH superior a 12 para um pH igual ou inferior a 9. Essa redução de pH afeta, principalmente, a película de proteção gerada pela reação do concreto básico com a armadura [5]. As reações após despassivação permitem a formação de um produto de

corrosão, com volume superior ao da armadura passivada, que em nível mais acentuado, gera fissuras e destacamento do concreto.

Além do gás carbônico, outro agente que afeta as armaduras das estruturas são os cloretos, que possibilitam a destituição dos filmes protetivos das armaduras do concreto, desestabilizando-os, além de corroer essas armaduras nas reações denominadas óxido-redução [6]. Sua difusão, ainda que não na sua integralidade, é feita pela água que preenche os poros do concreto, ficando dependente o grau de propagação, basicamente, dos mecanismos de transporte [5]. De acordo com Helene [7], o contato do cloreto com a armadura pode ocasionar seríssimos processos de corrosão, promovendo riscos eminentes de colapso parcial ou total da estrutura a depender da gravidade a qual se encontra. Desta forma a estrutura fica passível de manifestações patológicas mais severas como: manchas, fissuras e trincas, perda da seção resistente do aço e deslocamento do concreto.

Outro íon causador de manifestações patológicas pode estar relacionado a presença excessiva de sulfato em estruturas de concreto, trazendo prejuízos significantes nas características de resistência e durabilidade estrutural. O íon sulfato se propaga para o interior do concreto por meio da condução gerada pelo meio exterior, podendo originar produtos lixiviáveis como as eflorescências ou formar compostos expansivos, como, por exemplo, a gipsita secundária ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou a etringita ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) formadas pela reação com a portlandita ou o aluminato tricálcico do cimento. A estrutura exposta ao ataque de sulfatos se sujeita a separação dos agregados e conseqüentemente a perda de resistência do concreto [8].

Os ensaios não destrutivos são comumente utilizados no diagnóstico das manifestações patológicas. Evangelista [9] esclarece que os ensaios não destrutivos são aqueles que não provocam a destruição do objeto de estudo ou, se provocam, são de ínfima significância e de fácil correção. Nesse sentido, o objetivo desse tipo de ensaio é o de averiguar a integridade e a qualidade dos materiais por meio de provas, sem que haja o comprometimento da capacidade de resistência ao serem solicitados [10].

Inicialmente deve-se realizar a inspeção observacional, que é o primeiro passo para levantamento de subsídios de modo não destrutivo aplicado no elemento ou peça de estudo e, geralmente, está associado a outras posteriores análises. O resultado dessa sistemática sensorial é válido, podendo propiciar ao profissional experiente da engenharia uma das fontes confiáveis de conclusão sobre o estado da estrutura [11].

Em um segundo momento é importante localizar as armaduras da estrutura e para isso a pacometria é um método de ensaio que utiliza o princípio de indução magnética para a obtenção de informações sensíveis e avaliação das estruturas de concreto armado. Entre as informações adquiridas, pode-se citar: detecção das armaduras, cobertura nominal de concreto, diâmetro da seção da armadura [12].

Após a localização da armadura, a sua respectiva avaliação pode ser realizada com resistividade elétrica superficial do concreto e / ou ensaio potencial de corrosão. Para o primeiro ensaio, no caso do concreto armado, a resistividade elétrica está intimamente ligada com a velocidade e taxa de corrosão das armaduras. Entre os fatores que mais influenciam na resistividade elétrica do concreto, verifica-se: a umidade, a temperatura, a carbonatação e a presença dos íons agressivos [13]. E referente a medição do potencial de corrosão consiste de um método eletroquímico que promove o auxílio no monitoramento de corrosão nas estruturas de concreto armado [14]. O ensaio fornece subsídios qualitativos a respeito da condição de deterioração da armadura e se há ou não a presença de corrosão.

3 METODOLOGIA

Para a efetivação do estudo foram mapeadas duas estruturas. O protocolo de ações proposto com as etapas de trabalho engloba os estudos preliminares, analisando a documentação histórica e atual da estrutura. Essa análise serve de base para a compreensão da situação e embasa a proposta preliminar de uma hipótese. Deve-se notar que, inicialmente, não é apropriado excluir qualquer linha potencial de pesquisa até que os estudos subsequentes demonstrem a origem do problema.

Na sequência, foi realizada uma visita técnica com base nas informações preliminares fornecidas pelos estudos anteriores da documentação. Essa investigação no local da estrutura e seu ambiente fornece observações visuais importantes que reforçam ou levam a uma revisão da hipótese do trabalho preliminar. Toda manifestação patológica encontrada em uma estrutura deve ser estudada em detalhes, identificando seus sintomas mais comuns. Juntamente com as informações visuais, devidamente documentadas com fotografias e anotações detalhadas, devem ser coletadas amostras de material.

Na próxima etapa, a campanha experimental foi realizada abrangendo os ensaios não destrutivos no depósito de fertilizantes e a coleta de amostras nas duas estruturas, isso permite identificar a principal origem dos comportamentos anômalos encontrados, bem como possíveis causas secundárias que podem atuar em conjunto.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

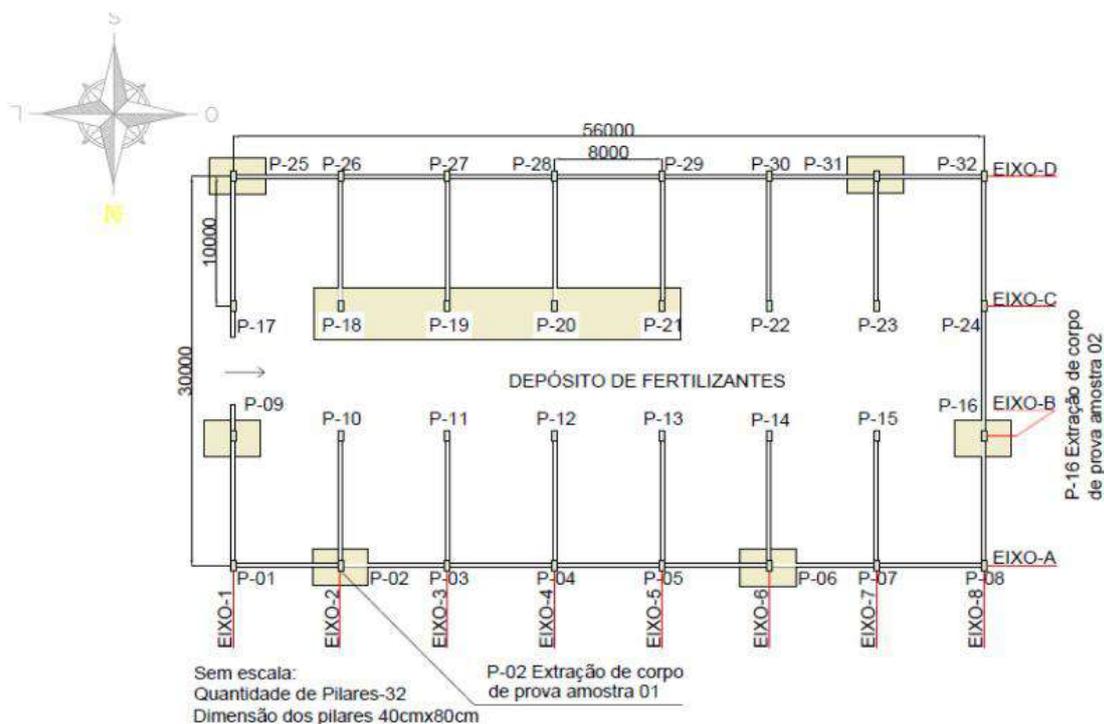
Este estudo buscou realizar um comparativo das manifestações patológicas em dois ambientes distintos nos quais são acometidos por ataques químicos de grande intensidade. Um dos ambientes analisados foi o depósito de fertilizantes em ambiente portuário na cidade de Paranaguá-PR com preponderância de compostos de base NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) especialmente os cloretos de fósforos nas composições da matéria-prima. Ainda assim, existe o agravante da brisa marítima, a qual tem contato direto e indireto com as estruturas de concreto. O outro ambiente inspecionado, que também está sujeito as mais intensas manifestações causadas por agentes químicos, especificamente os sulfatos, foi realizado em uma ETE (estação de tratamento de esgoto) na região metropolitana de Curitiba-PR.

4.1 Depósito de fertilizantes

O depósito de fertilizantes estudado neste trabalho foi construído em 2001 na qual as características bioclimáticas, conforme NBR 15220 [15] está situada na zona 3, onde a umidade relativa com média de 70% em atmosfera marinha e amplitude térmica diária da ordem de 8 a 10° C com parâmetros de durabilidade pesquisados e relatados segundo os quadros de resultados obtidos.

A estrutura analisada é composta por 32 pilares e foi determinada a inspeção visual em 10 desses elementos, correspondendo a uma amostragem aproximada de 31% do total. A Figura 1 representa a planta do depósito investigada. Os pilares destacados na Figura 1 indicam os elementos estruturais que foram submetidos pela inspeção visual.

Figura 1 - Disposição dos pilares investigados no depósito de fertilizantes



Fonte: Autores (2021).

A Tabela 1 mostra os dados obtidos pela inspeção visual na planta do depósito de fertilizantes. Não foi permitido por parte da administração da empresa o registro fotográfico os elementos descritos a seguir. Nota-se que, da inspeção visual realizada, 100 % dos elementos estruturais apresentaram pelo menos algum tipo de manifestação patológica.

Tabela 1 – Manifestações patológicas encontradas pelo método da inspeção visual

Componente	Eixo	Manifestação
P-02	Eixo-1-A	Desplacamento e indícios de corrosão da armadura
P-06	Eixo-6-A	Fissuras e deslocamento
P-09	Eixo-1-B	Arrancamento, deslocamento e indícios de corrosão na armadura
P-16	Eixo-8-B	Fissuração, deslocamento com possível corrosão da armadura
P-18	Eixo-2-C	Fissuras, desgaste superficial
P-19	Eixo-3-C	Desgaste superficial, deslocamento e indícios de corrosão na armadura
P-20	Eixo-4-C	Desgaste superficial
P-21	Eixo-5-C	Desgaste superficial
P-25	Eixo-1-C	Fissuras verticais
P-31	Eixo-7-C	Fissuras e deslocamento

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Considerando os possíveis indícios de corrosão de armadura, foi determinado o posicionamento e diâmetro das armaduras, buscando informações principalmente quanto ao cobrimento dessas armaduras. O cobrimento de estruturas de concreto armado submetidas a ambientes agressivos é de fundamental importância para garantir a vida útil de projeto e o correto desempenho do edifício. Os resultados obtidos indicam os posicionamentos das barras que compõem a armadura localizada no interior da estrutura de concreto do pilar.

- Armadura principal= 6 Ø20 mm com espaçamento de 250 mm;
- Estribos= Ø 6,3mm a cada 300 mm;
- Cobrimento= 38 mm.

Após a determinação do posicionamento da armadura utilizando pacometria, foi determinada a resistividade superficial seguindo as diretrizes da AASHTO TP 95-11 [16] e a determinação do potencial de corrosão utilizando um aparelho portátil que analisa o grau de corrosão, instrumento do tipo “Corrosion Analysing Instrument” / “CANIN+” com eletrodo de bastão e faixa de medição de - 999mV a + 340mV. Os resultados obtidos foram registrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos de resistividade superficial e de potencial de corrosão.

Localção	Leituras de resistividade superficial (kΩcm)							Resistividade Superficial Média Obtida (kΩcm)
Pilar P-02	17,8	21,9	30,1	21,7	44,5	39,7	21,5	27,0
	29,7	29,9	46,5	18,5	18,7	22,1	15,2	
Localção	Leituras de potencial eletroquímico (mV)							Potencial Eletroquímico Médio Obtido (mV)
Pilar P-02	317	312	338	311	271	269	317	+305
	273	271	330	346	346	305	273	
	311	316	268	252	304	314	311	
	321	315	303	219	313	283	321	
	274	279	299	319	316	314	274	
	313	337	342	294	341	346	313	

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Os dados paramétricos em conjunto levantados pelos ensaios não destrutivos realizados no elemento pilar P-02 proporciona a indicação de que a estrutura analisada se encontra em situação de baixo nível de corrosão. O teste de resistividade elétrica apresentou resultados indicativos de passivação da armadura, segundo os critérios técnicos e normativos

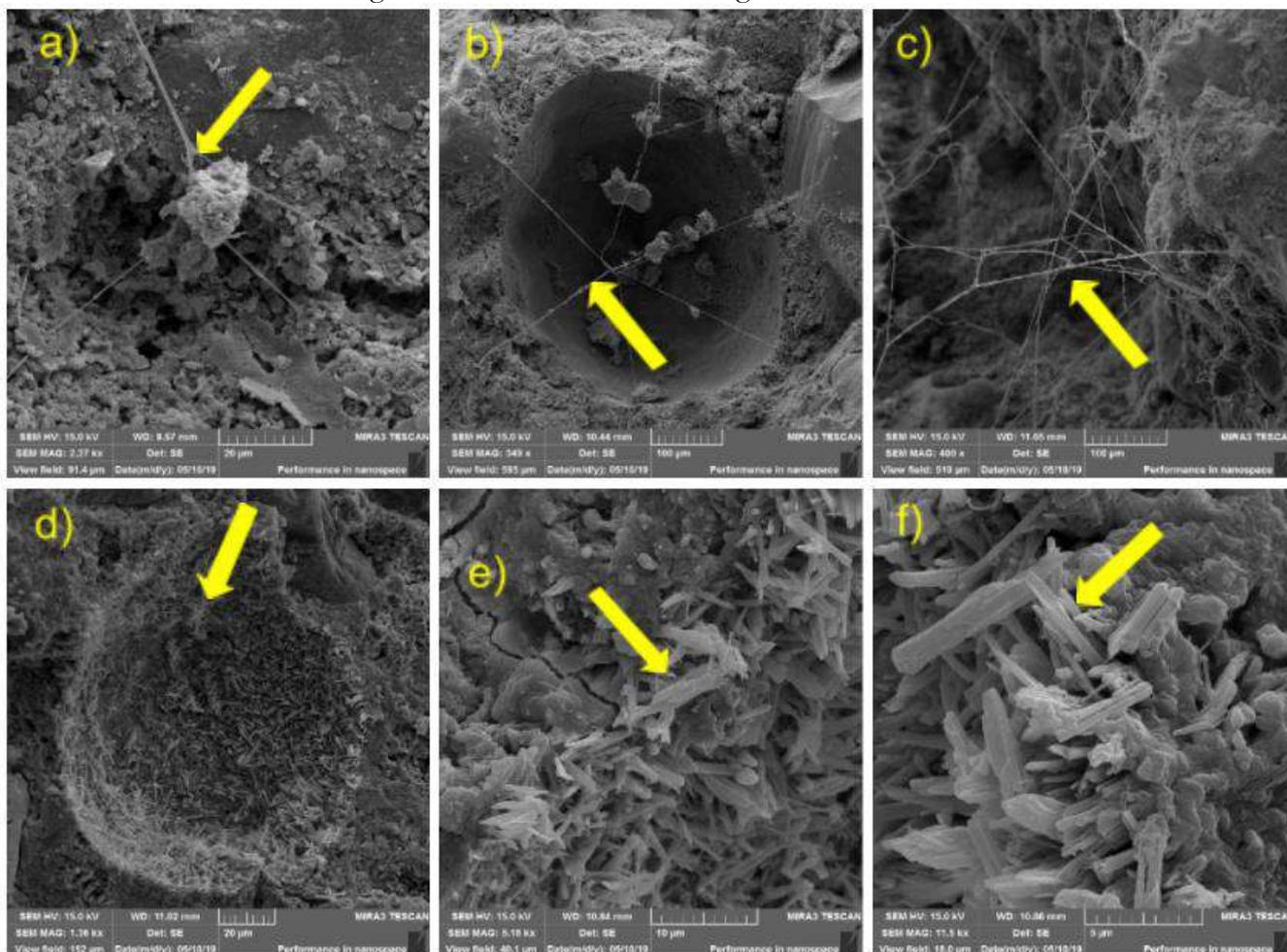
CEB-192 [17]. A análise do quadro permite concluir que atualmente as armaduras do pilar avaliado, encontram-se passivadas e com baixa probabilidade de corrosão.

Apesar disso, não indica, porém, que os outros elementos da planta se encontram em condições de passividade da armadura e livre das outras ações deletérias, o que pode ser verificado nos dados levantados pela inspeção visual realizada.

Com o intuito de entender os possíveis indícios de corrosão e as fissuras encontradas, foi realizado o teste de microscopia, sendo retiradas duas amostras na parte externa de dois pilares do barracão da empresa identificados por P-02 e P-16, distantes 49 metros entre si. As amostras tinham geometria cilíndrica com medidas de 25 mm de diâmetro e 50 mm de profundidade. Em seguida, foram levados para teste laboratorial para microscopia. A Figura 2 apresenta os resultados da microscopia dos pilares P-02 e P-16, respectivamente.

A microscopia eletrônica de varredura do pilar P-02 (Figuras 2a, 2b e 2c) mostra uma manifestação anômala que integra e modifica a microestrutura do concreto sugerindo a formação de finos cristais de etringita entrelaçada. A microscopia do pilar P-16 (Figuras 2d, 2e e 2f) apresenta os poros da pasta preenchidos por um possível aglomerado de etringita. Não sendo possível a realização de EDS para confirmação dos elementos que compõem os cristais encontrados na microscopia.

Figura 2 – a) b) e c) Microscopia da amostra P-02 sugerindo a formação de cristais de etringita entrelaçados, d) e) e f) Microscopia da amostra P-16 sugerindo a formação de aglomerados de cristais de etringita.



Fonte: Autores (2021).

4.2 Estação de tratamento de esgoto

O objetivo da visita à estação de tratamento de esgoto foi de analisar visualmente e fazer um levantamento das manifestações patológicas aparentes em alguns elementos que integram a ETE. A estação visitada está situada na região metropolitana de Curitiba e foi construída em 2013 – 7 anos de idade. As ações deletérias do ambiente em especial as ocorridas na estrutura de concreto armado, foram estimadas e registradas. A Figura 3 apresenta a estrutura de concreto armado da entrada de rejeitos da estação elevatória da ETE (Figura 3a). A Figura 3b mostra parte da estrutura que compõe o elemento desarenador na ETE.

Figura 3 - a) Desgaste na caixa de distribuição do reator anaeróbico e b) indícios de lixiviação e formação de eflorescência no desarenador

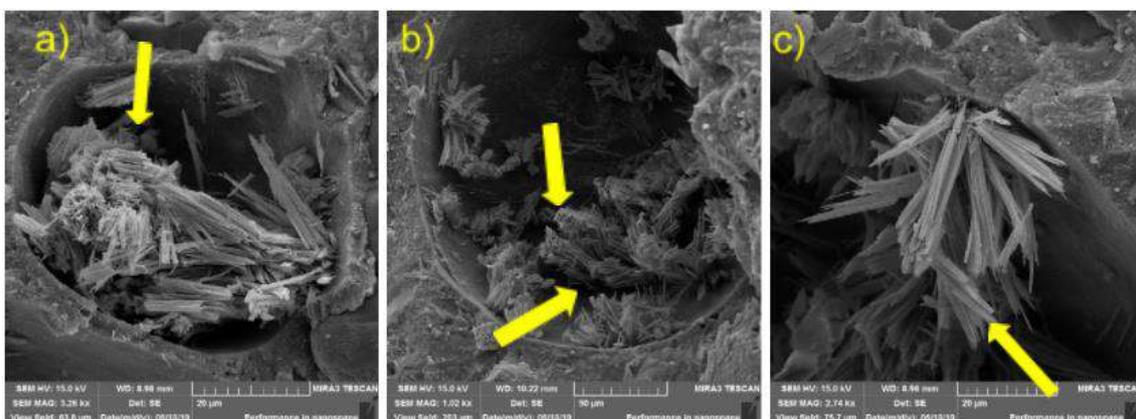


Fonte: Autores (2021).

Foi identificada porosidade superficial dos elementos na caixa de distribuição do reator anaeróbico dando margem ao entendimento como produto da forte atuação dos sulfatos. Houve indicações de que parte do desarenador constava com a dissolução de hidróxido de cálcio da microestrutura do concreto, interferindo na durabilidade estrutural, permitindo o acesso de gases e outros químicos nocivos no interior do concreto.

Para uma melhor análise foi realizada a microscopia eletrônica de varredura (Figura 4) que detectou a presença de formações aciculares nos poros com morfologia consistente com a formação de etringita corroborando com a morfologia encontrada por Tagnit-Hamou *et al.* [18], Araujo [19] e Gobbi [20]. Os resultados obtidos da micrografia em laboratório da amostra extraída indicam a formação de aglomerados de etringita, caracterizando a ocorrência de reação sulfática no concreto.

Figura 4 - a) e b) Microscopia da amostra da ETE com aglomerado de cristais de etringita nos poros da pasta de cimento e c) cristais de etringita



Fonte: Autores (2021).

5 CONCLUSÕES

No depósito de fertilizantes, o mapeamento das estruturas de concreto, especificamente os pilares, trouxe indicações de manifestação patológica de média a grave aparente, devido a atuação agressiva dos agentes químicos. Os indícios de corrosão das armaduras e deslocamento do concreto em pilares inspecionados visualmente trouxeram subsídios da gravidade desses compostos e necessidade de monitoramento e possível intervenção.

No que concerne ao ambiente atingido preponderante por sulfatos – estação de tratamento de esgoto-, pode-se verificar nas inspeções visuais que as manifestações patológicas ali presentes representam em sua maior parte um grau 2, na qual se refere ao período em que se notam os primeiros sinais ou sintomas da corrosão chamado de vida útil de utilização ou de serviço.

Ao realizar uma analogia e confronto de idades e operação dos ambientes estudados - depósito de fertilizantes com idade estrutural de 19 anos e, estação de tratamento de esgoto com 7 anos de idade e operação-, foi possível verificar que alguns indícios apontam para uma evolução mais acelerada das manifestações patológicas encontradas na estação de tratamento de esgoto contendo produtos sulfáticos. Isso decorre também pela presença de água nos elementos estruturais.

Os testes de microscopia laboratorial, também, apontaram para formações de aglomerados de etringita em poros do concreto com complexidade igual ou superior ao ambiente do depósito de fertilizantes.

Dessa forma, conclui-se que pelo motivo de a estação de tratamento de esgoto estar em operação em período três vezes menor de tempo comparando ao do depósito de fertilizantes estudado, é sugestivo apontar que a agressividade dos agentes causadores das manifestações patológicas na ETE é mais acelerada, apontando para indícios de maior agressividade e deterioração dos elementos do concreto.

REFERÊNCIAS

- [1] BIJEN, J. **Durability of engineering structures - Design, repair and maintenance.** Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Cambridge, England, 2003.
- [2] SOUZA, V. C.M., RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** Edição 1. São Paulo: Pini, 1998.

- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2014.
- [4] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ª ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [5] SOUZA, V. C. M., RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Edição 1. São Paulo: Pini, 1998.
- [6] TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.
- [7] HELENE, P. R.L. **Corrosão em armaduras em concreto armado**. São Paulo, PINI/IPT, 1986.
- [8] NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo, Ed. Pini, 1997.
- [09] EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos**. 239f. Tese. Escola Politécnica da UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- [10] Helal, J.; Sofi, M.; Mendis, P. **Non-Destructive testing of concrete: A review of methods**. Electronic Journal of Structural Engineering, v. 14(1), p. 97-105, 2015.
- [11] MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. 2012. 60 f. Curso de especialização em patologia das construções. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento de construção civil. Curitiba, 2012. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/wmazer/especializacao-em-patologia-das-construcoes/Notas_de_Aula_Ensaios.pdf/at_download/file> Acessado em: 04 de novembro de 2018.
- [12] MALHOTRA, V. M. **Nondestructive testing of concrete - A global review**. American Institute Concrete, p. 1-16, 2004.
- [13] RILEM TC-154 **Technical recommendation. Construction and Building Materials**. Vol. 33. Madrid, 2000. p. 603 – 611.
- [14] CASCUDO, O. **Inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com problemas de corrosão da armadura**. In: ISAÍÁ, G.C. (ed.), **Concreto: Ensino, pesquisa e realizações** –São Paulo: IBRACON, 2005.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- [16] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO TP 95-11 - **Standard method of test for surface resistivity indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration**. 2014.
- [17] FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. CEB-192. **Diagnosis and Assessment of Concrete Structures - State-of-Art Report**. 1989.

[18] TAGNIT-HAMOU, A.; SARIC-CORIC, M.; RIVARD, P. **Internal deterioration of concrete by the oxidation of pyrrhotitic aggregates**. Cement and Concrete Research, v. 35, n. 1, p. 99-107, 2005.

[19] ARAÚJO, G. S. **La reacción sulfática de origen interno en presas de hormigón**. Propuesta metodológica de análisis. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España, 2008.

[20] GOBBI, A. **Reacciones expansivas internas: estudio de los áridos y hormigón de presas**. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España, 2019.



ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM ESTÁDIO NO SERTÃO DE PERNAMBUCO

Lucas Ferraz Diniz

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0202-7640>

Débora Cristina Pereira Valões

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8992-9582>

Gustavo Ribeiro da Silva

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5838-6183>

João Marcus Pereira Lima e Silva

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5414-1496>

Monalyssa Caroline Lira da Silva Ramos

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2607850381608187>

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciência de Materiais. Recife – PE.
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8084586098803603>

Joedy Mayara Santa Rosa de Souza

Universidade de Pernambuco, Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2425-4908>

Jussara Clarissa Alves de Lima Oliveira

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8105189048452016>

Thiago Sette Santos

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4851463673696736>

Hildo Augusto Santiago Filho

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0525-4977>

Everton Gustavo da Silva Lima

Faculdade de Integração do Sertão, Departamento de Engenharia Civil. Serra Talhada – PE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1795-2521>

Marcos Alberto de Carvalho Silva

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Departamento de Engenharia Civil. Juazeiro – BA.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9989-7724>

<p>Informações sobre o artigo:</p> <p>Recebido em: 27/07/2021</p> <p>Aceito em: 09/08/2021</p> <p>Data de publicação: 15/12/2021</p> <p>Palavras-chave: Patologia Engenharia de inspeção Estádio</p>	<p>RESUMO</p> <p>As construções civis sofrem bastante com erros cometidos em projetos, execução, má utilização ou falta de manutenção nas obras, acarretando o aparecimento de diversas patologias. O presente estudo teve como objetivo verificar as principais manifestações patológicas que ocorreram no estádio municipal Nildo Pereira de Menezes (Pereirão) e indicar possíveis soluções para a recuperação da estrutura. A priori foram feitas análises visuais e registros fotográficos do local, como também desenvolvido um mapa de cores evidenciando os pontos mais críticos do estádio. Em seguida, foram realizados ensaios semidestrutivos, como o método colorimétrico (aspersão por nitrato de prata) e de carbonatação (utilização de fenolftaleína), indicando assim, as condições da estrutura. Após a realização dos ensaios e a análise do mapa de cores, foram destacados dois pontos críticos: a entrada principal e a arquibancada coberta. Os mesmos já se encontram em condições de riscos de segurança, pelo grau de corrosão e carbonatação dos elementos estruturais, como vigas e lajes. Com isso, conclui-se que o estádio necessita passar por processos de reforma, com foco nas partes mais críticas, para que o empreendimento possa ser reaberto ao público.</p>
---	--

ANALYSIS OF THE PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS OF A STAGE IN THE HINTERLAND OF PERNAMBUCO

ABSTRACT

<p>Keywords: Pathology Inspection engineering Stadium</p>	<p>Civil constructions suffer a lot from mistakes made in projects, execution, poor use or lack of maintenance in the works, leading to the appearance of various pathologies. This study aimed to verify the main pathological manifestations that occurred in the municipal stadium Nildo Pereira de Menezes (Pereirão) and to indicate possible solutions for the recovery of the structure. A priori, visual analysis and photographic records of the location were made, as well as a color map developed showing the most critical points of the stadium would be. Then, semi-destructive tests were carried out, such as the colorimetric method (sprinkling by silver nitrate) and carbonation (use of phenolphthalein), thus indicating the conditions of the structure. After performing the tests and analyzing the color map, two critical points: the main entrance and the covered grandstand. They are already in conditions of safety risks, due to the degree of corrosion and carbonation of structural elements, such as beams and slabs. With that, it is concluded that the stadium needs to undergo renovation processes, focusing on the most critical parts, so that the project can be reopened to the public.</p>
--	---

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma área que está em constante crescimento e evolução. Segundo Moreira & Ripper (1998), desde os primórdios da civilização que o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades. Mas mesmo com tanto desenvolvimento, as estruturas ainda sofrem com os erros cometidos em projetos e na execução da edificação, além da falta de cuidado e manutenção pós-obra, trazendo à tona diversos problemas, como as manifestações patológicas.

A patologia é a especialidade da engenharia civil que estuda as origens, os sintomas, os mecanismos, as causas e as consequências dos problemas presentes nas estruturas (DO CARMO, 2003). A partir desses estudos, é possível evitar que problemas assim, se tornem comuns nas edificações modernas.

A manifestação patológica é uma das principais causas que diminuem a vida útil de uma estrutura, e muitas vezes, passa despercebida por profissionais da área. O presente estudo, mostra uma visão crítica e científica voltada às patologias na região de Serra Talhada-PE, tomando como base uma obra pública que já se encontra interditada por conta de danos presentes na estrutura.

O objetivo deste trabalho é analisar as condições estruturais do estádio municipal Nildo Pereira de Menezes (Pereirão), e observar quais anomalias encontram-se presentes no local, através de uma análise visual e ensaios semi-destrutivos e não destrutivos. Na sequência foram estudadas as causas e as consequências, indicando possíveis soluções para a sua recuperação. O estudo também faz uma associação a respeito das patologias presentes na Mesorregião do Sertão Pernambucano.

2 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho configura-se como uma pesquisa exploratória, onde foi feito um estudo de caso, para analisar as patologias construtivas encontradas em uma obra pública que já se encontra interditada por problemas presentes em sua estrutura, consequentemente inviabilizando o seu uso. Foram realizadas análises visuais do local e ensaios semi-destrutivos.

2.1 Descrição da área de estudo

O estádio municipal Nildo Pereira de Menezes, popularmente conhecido como estádio do Pereirão (Figura 1), localiza-se em Serra Talhada, maior município da Microrregião do Pajeú, na Mesorregião do Sertão Pernambucano. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), a cidade conta com uma área territorial de 2.980,007 km² e uma população estimada de 86.915 habitantes.

Figura 1 - Estádio municipal Nildo Pereira de Menezes



Fonte: Autores (2021).

O estádio foi inaugurado em 21 de janeiro de 1973, após aproximadamente cinco anos de construção. Seu nome é uma homenagem ao ex-prefeito da cidade Nildo Pereira, que deu início às obras durante a sua gestão, utilizando recursos próprios, além de verbas arrecadadas com a venda de ações da Petrobras, pertencentes ao município (GOMES, 2015).

Figura 2 - Inauguração do Pereirão com jogo do Santa Cruz e Sport



Fonte: Gomes (2015).

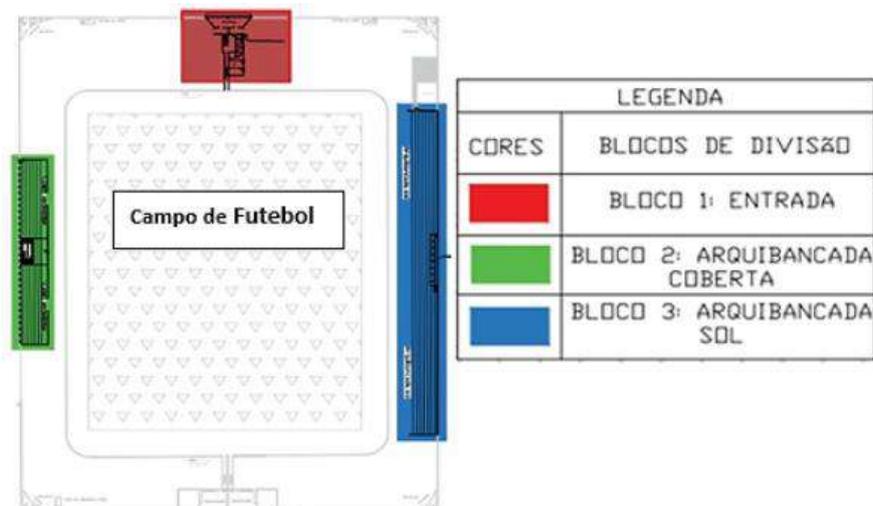
Segundo Gomes (2015), historiador da cidade, o estádio foi construído para uma capacidade máxima de 5 mil pessoas. Porém ainda em seu livro, Gomes relata que o estádio já recebeu públicos maiores, como por exemplo, na partida de Comercial e Santa Cruz (realizada em 24 de agosto de 1980), chegando a vender 9.473 ingressos.

2.2. Análise Visual do Estádio e Identificação das Patologias

Foi realizada uma visita ao estádio no dia 8 de março de 2021, com a finalidade de identificar visualmente as manifestações patológicas e mapear os pontos mais críticos da estrutura. Em seguida, foram realizados ensaios semi-destrutivos para verificar as condições e o grau das patologias encontradas.

Durante a vistoria, para uma melhor demonstração, foi elaborado um mapa que divide o estádio em três Blocos. O Bloco 1 é delimitado pela entrada principal do estádio e a parte administrativa; o Bloco 2 localiza-se a arquibancada coberta, e o Bloco 3 fica a arquibancada sol e a sala dos narradores. A Figura 3 evidencia como a referida divisão foi realizada:

Figura 3 - Demonstração da divisão dos blocos



Fonte: Autores (2021).

Não foi vistoriada a parte posterior do estádio, onde ficam localizados os vestiários, devido a realização de reformas nesta área do empreendimento. Para a identificação das patologias elaborou-se um quadro com uma legenda de cores, conforme a Figura 4, cada uma representando um dano encontrado, totalizando 6 manifestações patológicas diferentes.

Figura 4 - Quadro de identificação das patologias

IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS POR CORES	
CORES	PATOLOGIAS
●	Corrosão da armadura
●	Bolor
●	Infiltração
●	Fissura
●	Destacamento do concreto
●	Lixiviação

Fonte: Autores (2021).

2.3. Descrição dos Ensaios Realizados

No local de estudo, após as análises visuais, foram realizados dois tipos de ensaios para averiguar as condições estruturais do estádio, constatando diversas patologias em ambientes variados.

2.3.1. Ensaio colorimétrico por aspersão de nitrato de prata

O ensaio de colorimetria por aspersão de nitrato de prata, consiste na utilização de uma solução química para analisar a presença de cloretos que já penetraram ou estão penetrando em uma estrutura de concreto armado. Estes cloretos, quando entram em contato com a armadura, causam uma reação extremamente nociva, favorecendo a ocorrência de oxidação das barras de aço (FRANÇA, 2011).

Para a realização do ensaio, foi utilizada uma solução de 1 grama de nitrato de prata para 250 milímetros de água, condicionado em um vidro escuro, para que a mistura não reagisse devido a presença de luz.

Para a execução do ensaio, foi utilizado um borrifador, para facilitar o manuseio do nitrato de prata. A solução só foi inserida no recipiente no momento do ensaio para evitar reações prematuras.

Foi utilizada uma fração de concreto que já estava destacado, para evitar danificar alguma outra parte da estrutura. Após a aplicação da solução, aguardaram-se 2 minutos para a possível mudança de cor, em decorrência da reação química.

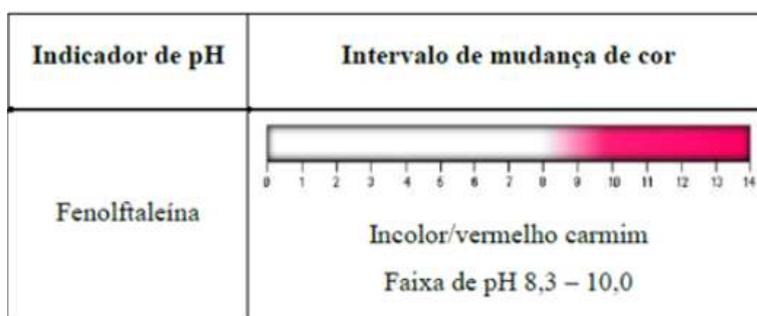
2.3.2. Ensaio de carbonatação com a utilização de fenolftaleína

Por se tratar de um ambiente urbano, a presença de CO_2 é inevitável no meio ambiente, principalmente pela liberação do gás carbônico, decorrente da circulação de veículos automotores. Por isso, a realização de um ensaio para a determinação da carbonatação na estrutura é indispensável.

O procedimento que possibilita a identificação da carbonatação na estrutura, é o ensaio com a utilização de fenolftaleína, visto que, quando ocorre a carbonatação, o pH do concreto é alterado, fazendo com que ocorra a diminuição do nível de pH de 13, para 9 (RAISDORFER *et al.*, 2015).

Ainda segundo Raisdorfer *et al.*, (2015) quando a fenolftaleína entra em contato com uma superfície com pH abaixo de 8,3, permanece incolor, mas quando maior, a solução se torna vermelho carmim (Figura 5).

Figura 5. Diagrama de identificação de pH da fenolftaleína



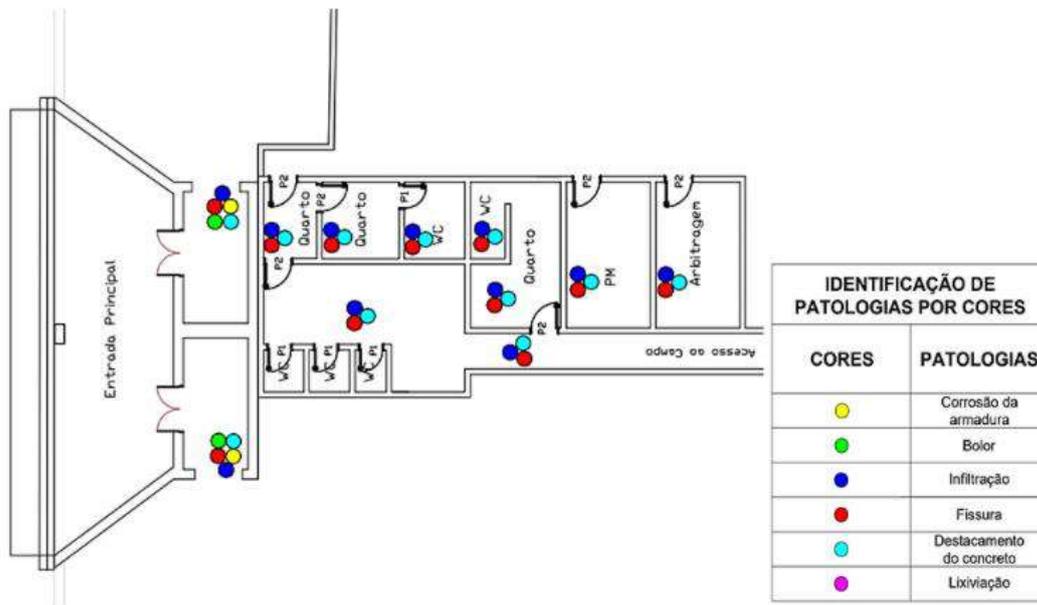
Fonte: Adaptada de RAISDORFER *et al.*, (2015).

A solução foi feita com 1 grama de fenolftaleína para 100 milímetros de álcool a 95%, armazenada em um recipiente de vidro escuro, para não haver reação antes da utilização. Na realização do ensaio foi utilizada uma viga que já estava deteriorada, dispensando a necessidade de destruição de alguma peça estrutural. Foi borrifada a solução de fenolftaleína na peça, havendo mudança de coloração em poucas partes, comprovando o alto grau de carbonatação na viga.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No bloco 1, foram evidenciados diversos problemas, na entrada principal foram encontrados: corrosão da armadura, bolores, infiltrações, fissuras e destacamento do concreto. Na parte administrativa foram também encontrados: infiltrações, fissuras e destacamento do concreto (Figura 6).

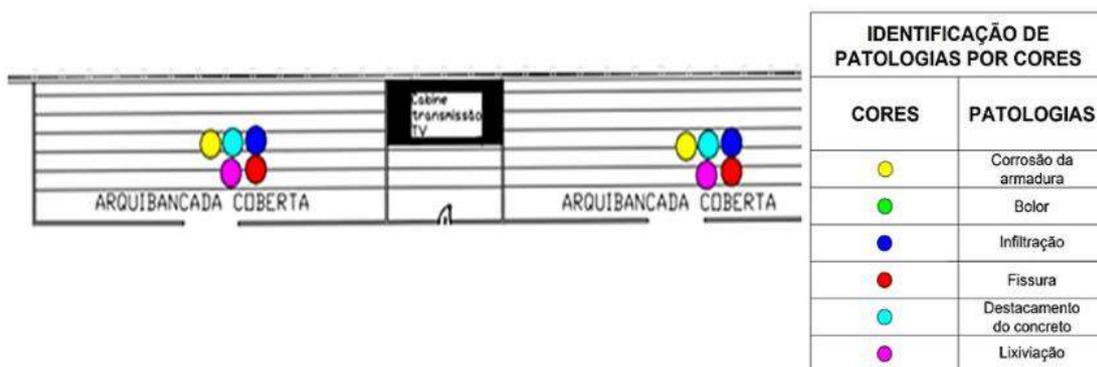
Figura 6 - Bloco 1, entrada principal do Estádio



Fonte: Autores (2021).

No bloco 2 também foram encontrados problemas estruturais, dando uma maior ênfase à armadura das vigas e lajes da cobertura, que se encontravam expostas, bem como a ocorrência de lixiviação nas arquibancadas, como evidencia a Figura 7.

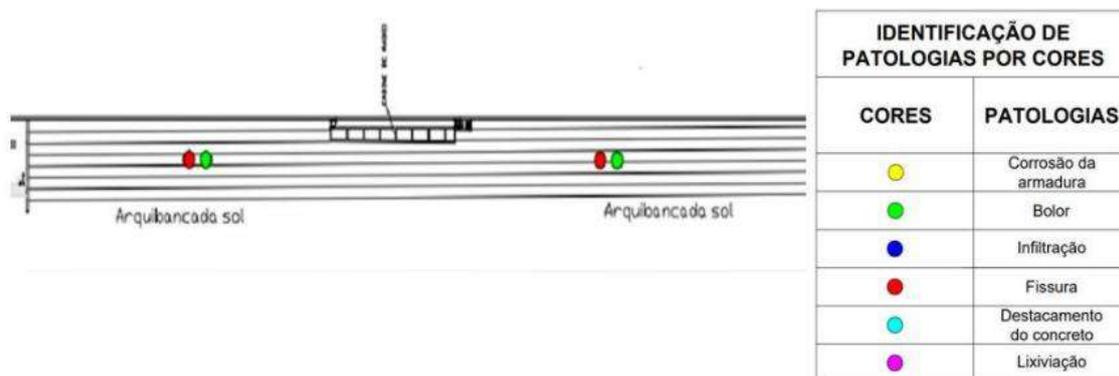
Figura 7 - Bloco 2, arquibancada coberta



Fonte: Autores (2021).

Já no bloco 3 (Figura 8) as anomalias construtivas são menores, tendo em vista apenas algumas fissuras na arquibancada e a presença de bolores, não sendo visível problemas de cunho estrutural.

Figura 8 - Bloco 3, arquibancada sol



Fonte: Autores (2021).

Após a análise através do mapeamento do estádio, foi observado que a entrada e a arquibancada coberta são os locais mais danificados. Nos dois locais, a estrutura já está comprometida, apresentando diversas manifestações patológicas, tais como: corrosão da armadura, infiltrações, bolores, destacamento do concreto e fissurações, como mostrado na Figura 9.

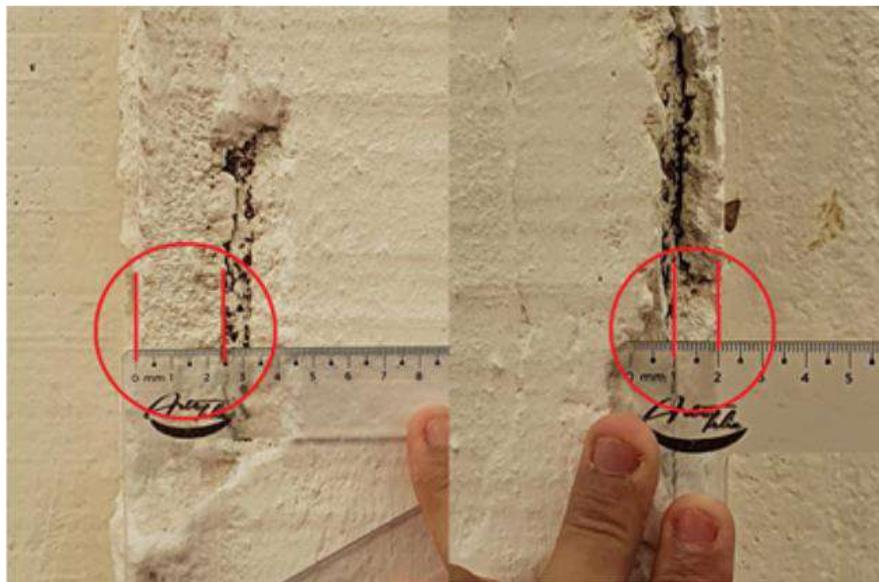
Figura 9 - Manifestações patológicas presentes na entrada do estádio



Fonte: Autores (2021).

Essas patologias podem estar ligadas a falhas construtivas, uma vez que foi identificado a não utilização de espaçadores nas peças estruturais (Figura 10). De um lado da viga pode-se notar um cobrimento de 2,5 cm, enquanto que do outro lado apenas 1,0 cm de concreto.

Figura 10 - Diferença de cobrimento na viga da arquibancada coberta



Fonte: Autores (2021).

A não uniformidade desse cobrimento ocasionou problemas na estrutura como a corrosão das armaduras, que de acordo com Helene (1993), acontece quando há a interação entre o meio ambiente e a peça estrutural. As armaduras envolvidas em concreto ficam protegidas dos agentes externos por conta do cobrimento de concreto dimensionado em projeto.

Quando esse cobrimento não é bem calculado e/ou executado, ou ainda quando o concreto não é devidamente adensado (através da utilização de vibradores), surgem os poros. O efeito da porosidade gera um canal para a passagem de água até as barras de aço, facilitando desta maneira, a incidência da corrosão.

A oxidação do aço é causada por conta de diversos fatores, que segundo a NBR 6118 (2014) são: a carbonatação, que é causada pela ação do gás carbônico na atmosfera sobre o aço; ação de cloretos, causado pelo elevado teor de íon-cloro, onde ele rompe a camada de passivação do concreto e a própria deterioração da estrutura em si, como mostrado na Figura 11, onde a laje sofre com o efeito de corrosão decorrente dos fatores citados anteriormente, como também a falta de cobrimento adequado no concreto.

Figura 11 - Degradação da laje da arquibancada



Fonte: Autores (2021).

Com a realização do ensaio de colorimetria por aspersione do nitrato de prata, observa-se que a estrutura já sofre com a presença dos íon-cloreto, no qual romperam a camada de passivação do concreto e levaram ao efeito de oxidação do aço (Figura 12). Após a aplicação, a peça apresentou a coloração acinzentada e brilhosa, efeito do nitrato de prata quando entra em contato com uma superfície que está sob a ação de cloretos.

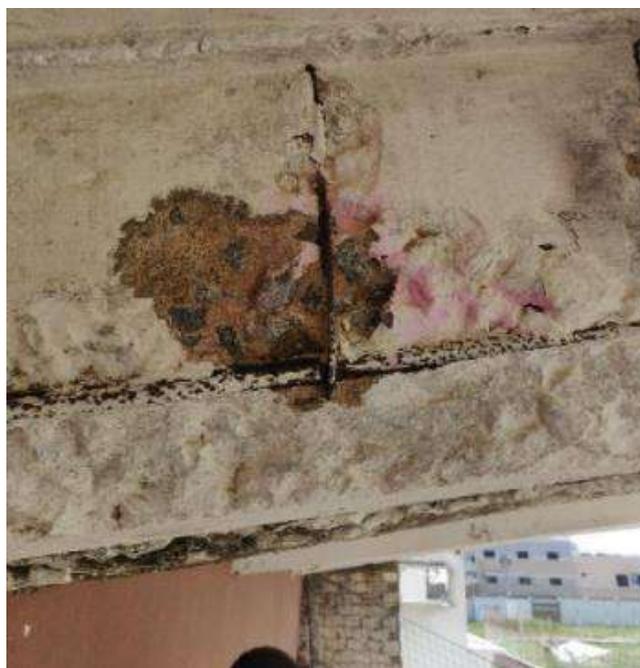
Figura 12 - Reação do nitrato de prata



Fonte: Autores (2021).

Com a finalidade de descobrir a penetração do dióxido de carbono (CO_2) no concreto, após a utilização da fenolftaleína, quase não se observou a coloração vermelho carmim, comprovando que a peça já estava totalmente carbonatada (Figura 13). Neste contexto, apenas na parte superficial da viga houve reação química.

Figura 13 - Viga com a reação da fenolftaleína



Fonte: Autores (2021).

A NBR 6118 (2014) mostra as formas de prevenção contra mecanismos de deterioração, são eles: dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto (utilizando o cobrimento adequado nos elementos estruturais), controle de fissuração, (utilizando um concreto de baixa porosidade), e medidas preventivas para a ação do íon-cloreto (empregando cimentos com aditivos de escoria ou materiais pozolânicos).

Na arquibancada coberta (Bloco 2), foi possível notar os assentos inutilizáveis e inseguros, como mostrado na Figura 14. Essa patologia pode ter ocorrido pelo baixo teor de cimento na argamassa, pois os elementos fragmentavam-se quando eram tocados, indicando uma fração exacerbada de agregado miúdo.

Figura 14 - Degradação do piso da arquibancada coberta



Fonte: Autores (2021).

Na arquibancada sol (Bloco 3), verificou-se a presença de fissuras e bolores em algumas partes (Figura 15). Esse problema pode ter sido ocasionado devido ao intenso uso do empreendimento, alinhado à falta manutenções.

Figura 15 - Fissuras e bolores na arquibancada sol



Fonte: Autores (2021).

Todas as manifestações patológicas supracitadas podem ser evitadas, desde que hajam as devidas manutenções, como também, uma boa gestão na concepção

(planejamento/projetos/materiais), na execução e na utilização. De acordo com a NBR 15575 (2013), as obras têm uma vida útil de no mínimo 50 anos, e se for executado todos os procedimentos corretos, esse período pode se estender por muito mais tempo.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho focou em analisar as condições estruturais do estádio municipal Nildo Pereira de Menezes, e assim elaborar um mapa das principais manifestações patológicas identificadas. Foi possível analisar os pontos mais críticos do estádio e saber que problemas causaram essas manifestações. Esse estudo serve como base para futuros reparos na obra, principalmente nos pontos que precisam de atenção imediata por parte do poder público municipal.

As partes principais que necessitam de um cuidado imediato é a entrada do estádio e a arquibancada coberta, tendo em vista que eles podem entrar em colapso a qualquer momento. A situação atual oferece riscos à população, que por ventura venha a frequentar o ambiente, devido à alta concentração de infiltração e exposição da armadura, tanto das vigas quanto das lajes.

A arquibancada sol, não oferece risco de colapso de imediato, porém precisa de reparos para conter as rachaduras e evitar a penetração de água e o surgimento dos bolores.

Atualmente o estádio encontra-se interditado e a prefeitura já vem desenvolvendo algumas reformas, como a construção de novos vestiários na parte posterior do campo. Também existe um planejamento para demolição e construção de uma arquibancada coberta. É necessário que depois de todos os reparos, seja realizado um plano de manutenção no estádio, para que o mesmo não feche mais suas portas e volte a trazer alegria ao povo serra-talhadense.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

DO CARMO, P. O. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FRANÇA, C. B. de. **Avaliação de cloretos pelo método de aspersão de solução de nitrato de prata**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2011.

GOMES, P. C. **Comercial: um clube imortal. Relatos e histórias do primeiro time do sertão na elite de futebol pernambucano**. Pernambuco. 2015

HELENE, PR do L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Extensão territorial de cidades e estados**. Pernambuco, 2020.

RAISDORFER, J. W. *et al.*, **Carbonatação – Previsão da vida útil das obras de artes especiais**. 2015.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.



ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DE RESÍDUO DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Andressa Gobbi

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4231891835236735>

Guilherme Swiech

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4260643197026422>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

19/09/2021

Aceito em:

22/09/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Gesso

Resíduo da construção

civil

Reciclagem

RESUMO

O gesso é um material aglomerante oriundo de um mineral chamado gipsita, muito utilizado na indústria da construção civil. Apesar de ser abundante na natureza, é um material que quando utilizado gera grandes quantidades de resíduo que muitas vezes são descartados de forma errônea. Este estudo visa reaproveitar o gesso dentro de um canteiro de obras, levantando os custos para a execução do sistema de reciclagem. Para isso, os custos com a destinação do gesso para aterros foram levantados e os tipos de maquinário necessários para o sistema de reciclagem foram orçados afim de se determinar a viabilidade econômica. Ao final, prova-se que o sistema orçado é inviável economicamente, entretanto demonstra-se também que a reciclagem pode ser viável economicamente em obras maiores e que o resíduo de gesso pode ser reciclado em grandes quantidades, promovendo maior sustentabilidade.

ALYSIS OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF RECYCLING PLASTER WASTE IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT

Plaster is a binding material derived from a mineral called gypsum, widely used in the construction industry. Despite being abundant in nature, it is a material that when used generates large amounts of waste that are often inappropriately discarded. This study aims to reuse plaster within a construction site, collecting costs data for the implementation of the recycling system. Therefore, the costs with the disposal of plaster to landfills were gathered and the types of machinery needed for the recycling system were budgeted in order to determine the economic viability. In the end, it is proven that the budgeted system is economically unfeasible, however it is also demonstrated that recycling can be economically viable in

Keywords:

Plaster

construction waste

recycling

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos de construção civil (RCC) é um problema grave no Brasil. A estimativa da média de RCC produzido no final do século no país pode variar entre 450 a 550 kg por habitante por ano, podendo corresponder a aproximadamente 50% da massa total de resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999).

Pensando na reciclagem de materiais e na redução da geração de RCC no Brasil, o CONAMA, por meio de sua resolução nº 307/2002, traz a obrigatoriedade de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para qualquer atividade do ramo. A resolução determina também que resíduos sejam destinados corretamente dependendo de sua classe, impossibilitando a destinação ilegal para aterros e bota-foras (CONAMA, 2002).

O resíduo de gesso pertencia inicialmente à classe C da resolução CONAMA, devendo ser armazenado ou transportado de acordo com suas normas técnicas, pois não se contava inicialmente com tecnologias viáveis economicamente para sua reciclagem. Porém, em 2011 o CONAMA lançou uma nova resolução nº 431, que altera a resolução nº 307, fazendo com que o resíduo de gesso se torne classe B, desta forma, sua reciclagem a partir dessa data passou a ser obrigatória (CONAMA, 2011).

2 A PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE GESSO

O gesso utilizado na construção civil é um aglomerante aéreo, resultado da calcinação da gipsita natural ou da gipsita proveniente de resíduos, feito em fornos industriais, sob pressão atmosférica e com temperaturas entre 150 e 200 °C. O resultado final de gesso é constituído por anidritas solúveis e insolúveis (CaSO_4), sulfato de cálcio hemi-hidratado e di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ respectivamente), sendo que suas proporções são controladas ao longo do processo de produção e dependem da aplicação do produto comercializado (JOHN; CINCOTTO, 2007).

A produção do gesso em larga escala é constituída principalmente por cinco etapas: extração da gipsita do meio natural, britagem, calcinação, pulverização e embalagem (RIBEIRO, 2006). A extração de gipsita no Brasil, mais precisamente na região do Araripe-PE, é feita logo na superfície, pois a gipsita encontra-se em profundidades de até 20 metros. Os equipamentos utilizados para a extração do minério são itens convencionais de

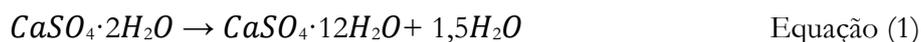
mineração, como tratores, perfuratrizes e pás mecânicas. O desmonte das rochas é feito a partir de explosões controladas que resultam em rochas de variados tamanhos (RIBEIRO, 2006).

Após a extração, os blocos resultantes das explosões são britados várias vezes até atingir tamanhos inferiores a 20 milímetros, para que a granulometria resultante do minério seja adequada às condições do forno de calcinação. Essa granulometria homogênea se faz necessária para que ocorra maior regularidade no processo industrial (RIBEIRO, 2006).

Os tipos de britadores mais utilizados são britadores de compressão, dentre eles o mais comum é o britador de mandíbula (RIBEIRO, 2006). Este tipo de britador não possui restrições relacionadas às características mecânicas das rochas e apenas 20% do material passante resulta em uma granulometria abaixo de 4,8 mm, o que faz com que seu uso seja recomendado na produção de materiais que possuam baixa quantidade de grãos finos (LUZ; POSSA; ALMEIDA, 1998).

O equipamento possui como característica uma placa metálica fixa e outra placa metálica móvel que realiza movimentos recessivos, aproxima-se da placa fixa e depois afasta-se, trabalhando repetidas vezes. O mineral colocado entre essas mandíbulas é esmagado e se decompõe em pedaços menores que caem para a parte inferior do britador até o ponto que seja novamente contido e esmagado pelas mandíbulas, sendo realizado o processo até alcançar a granulometria desejada (CHAVES; PERES, 2012).

Após a britagem o material passa pela calcinação, sendo considerada a etapa mais importante do processo e resulta no gesso que utilizamos, o que pode ser feito em fornos simples ou industriais. A gipsita como sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) normalmente está associada a impurezas e é a forma mais encontrada na natureza. Se for encontrada na forma de CaSO_4 anidro não tem valor industrial, pois sua estrutura é estável e não se decompõe termicamente (RIBEIRO, 2006). O processo químico de decomposição térmica que a gipsita sofre nos fornos é demonstrado na reação (Equação 1).



Essa reação transforma o cálcio di-hidratado em cálcio hemi-hidratado. A temperatura teórica é de 106 °C, porém a velocidade de reação seria razoável nessa faixa de temperatura, para produções industriais recomenda-se temperaturas entre 145 a 170 °C (SANTOS, 1999; RIBEIRO, 2006).

Existem dois tipos de gesso hemi-hidratado dependentes do seu processo de calcinação, o α (alfa) e β (beta). Se a gipsita for calcinada sob pressão de vapor d'água saturado, será obtido o hemi-hidratado α . Devido ao seu custo mais elevado, menor tempo de pega e maior resistência mecânica é utilizado como gesso hospitalar. Caso a calcinação seja feita sob pressão atmosférica ou baixa pressão, resulta-se no hemi-hidratado β . Este já tem custo de produção mais baixo e é o gesso predominantemente usado na construção civil (CINCOTTO; AGOPYAN; FLORINDO,1988).

Dado ao grande volume de gipsita nos fornos durante a calcinação, geralmente o processo é feito sob agitação, o que passa a conferir maior homogeneidade da temperatura entre as partículas e maior velocidade da calcinação (RIBEIRO, 2006). Após concluído o processo de calcinação, o gesso na forma de pó fino é obtido fazendo-se passar o material por moinhos especiais combinados com crivos, o que assegura a granulometria necessária para a sua aplicação. O material moído é separado em função da sua granulometria e classificado conforme seu tempo de pega. Após essa separação são embalados em sacos, *big bags* ou outra embalagem que conserve a qualidade do gesso conforme determina a NBR 13207 (ABNT, 2017).

3 RECICLAGEM DO MATERIAL

Na atualidade a utilização do gesso vem aumentando cada vez mais, devido ao fácil manejo do produto, o emprego como revestimento interno proporciona um acabamento fino quando aplicado de forma correta. Além da possibilidade de ser aplicado diretamente sobre o substrato quando usado com blocos de concreto ou cerâmica, sem necessidade do uso de argamassa, reduzindo o custo e tempo de aplicação. Todavia, há grande desperdício do material, o que acaba gerando resíduos sólidos, sendo descartado inadequadamente em terrenos baldios ou depositados em aterros sanitários, favorecendo a contaminação do meio ambiente e tornando importante viabilizar sua reciclagem (DE MILITO, 2007).

Com o passar do tempo, a viabilidade técnica e econômica da reciclagem de gesso foi se tornando adequada, o que fez com que o CONAMA em 2011 emitisse nova resolução nº 431, a qual caracteriza o gesso como resíduo de classe B (CONAMA, 2011).

O manejo incorreto de resíduos de construção civil no Brasil é crime, sendo obrigatório a emissão de diversos documentos, bem como a existência de um plano de geração de resíduos da construção civil (PGRCC), emissão de manifesto de transporte de resíduo (MTR), contratação de fornecedor licenciado pelo governo, dentre outros. O não

cumprimento dos deveres pode implicar em penalidades como multa e em casos mais graves a prisão.

Sobre o resíduo de gesso oriundo de revestimento, Camarini, Pimentel e Sá (2011) quantificaram o resíduo gerado durante o serviço de revestimento interno de paredes e obtiveram uma média entre 18 e 35% de material transformado em resíduo. Dias (1994), determinou que os valores médios de resíduo gerado durante a aplicação são maiores que 45% da quantidade de material utilizado.

O resíduo de gesso é composto basicamente de sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ou seja, volta a forma de gipsita que se encontrava antes da calcinação. Existe também uma pequena fração de impurezas como minerais e metálicos, essas devem ser gerenciadas adequadamente, fazendo com que existam menores quantidades possíveis da mesma junto do resíduo de gesso, desse modo torna-se possível a reciclagem do material realizando novos processos de moagem e calcinação (PINHEIRO, 2011).

A recalcação tem por objetivo desidratar o gesso, fazendo com que o sulfato de cálcio di-hidratado se torne novamente hemi-hidratado. É essa facilidade de transformação que faz com que o resíduo de gesso tenha um potencial para reciclagem grande (PINHEIRO, 2011).

Se tratando da trabalhabilidade do gesso reciclado, os tempos de início e fim de pega apresentam grande redução, isso é causado pelas impurezas contidas tanto na água adicionada para hidratação quanto no próprio pó na hora de realizar a reciclagem, por isso torna-se importante também contar com um número muito reduzido de impurezas no material (MENEZES; PÓVOAS, 2016).

A adição de retardadores de pega no gesso reciclado minimiza as perdas com material, fazendo com que a pasta se mantenha em um estado trabalhável por mais tempo e diminua a quantidade de resíduos gerados (QUEIROZ, 2016). Através de estudos realizados, Cavalcanti e Póvoas (2016) provam que a granulometria do pó de gesso influencia diretamente a trabalhabilidade e o tempo de pasta do material. Segundo os autores, uma composição granulométrica do gesso que possua alto teor de finos diminui a trabalhabilidade do material, porém aumenta o tempo de aplicação do mesmo.

3.1 Descrição do resíduo utilizado

O objeto de estudo do trabalho foi uma obra realizada no sistema construtivo de parede de concreto, utilizando formas metálicas. O revestimento das paredes era feito em gesso hemi-hidratado (Gesso Paris), com aplicação diretamente na parede de concreto limpa com uso de resina sintética de alto desempenho para proporção de maior aderência.

Como em grande parte das obras no Brasil, a destinação dos resíduos produzidos na obra em questão era destinada para empresas especializadas de transporte de resíduos. Por se tratar de um material que gera muito resíduo e possui grande potencial para reciclagem, recomenda-se a sua reutilização.

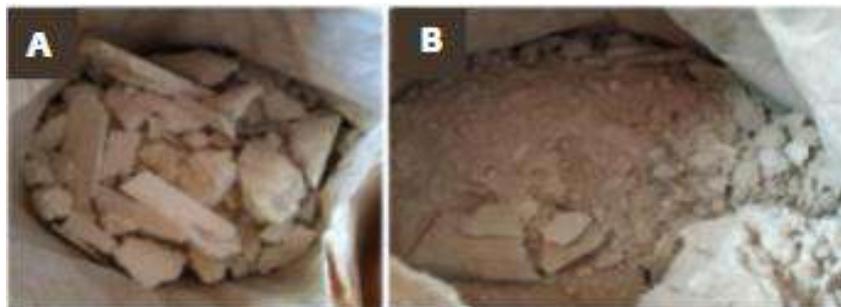
Por se tratar de uma obra com método executivo de formas metálicas, a execução dos serviços se torna muito rápida. Por dia eram concretados 2 apartamentos, por isso, para dar continuidade nas atividades de forma ordenada, todos os outros serviços seguiam o mesmo cronograma de execução, sendo executados dois apartamentos por dia.

O resíduo diário obtido é fruto da reflexão de material durante a aplicação na parede. O gesso, uma vez que hidratado e aplicado, necessita de ajustes com régua e desempenadeira para que tome a forma adequada na parede, sem a presença de buracos ou desníveis, o material que se encontra em excesso na área aplicada cai no chão e gera o resíduo. Os apartamentos geram em média a mesma quantidade de resíduo, o que torna mais fácil o controle e manutenção da reciclagem do mesmo in loco.

O somatório dos sacos de gesso para um bloco é igual a 170 sacos, isso porque eram utilizados em média mais 10 sacos por bloco para reparos e perda de material. Sabendo a quantidade de material, que cada um tem 40 kg de gesso e tendo a área de aplicação do produto por apartamento, é possível descobrir o consumo médio de gesso por metro quadrado de apartamento, totalizando 3,29 kg/m².

Porém, sabe-se que a quantidade de 3,29 kg/m² de gesso aplicado na parede não é a quantidade real, pois a quantidade de resíduos gerada na aplicação é alta, fazendo com que muito material que foi considerado “aplicado” seja descartado em caçambas. Após o agrupamento eram colocados nos sacos de gesso novamente e transportados para a entrada do bloco em que está sendo realizada a atividade. Após isso eram adicionados nas caçambas para descarte, a estimativa feita é de que 9 sacos de resíduos foram descartados em cada apartamento. Os sacos que contém resíduos possuem quantidade de vazios maior em relação aos sacos de gesso puro e granulometria variada, existiam grandes peças de gesso em alguns (Figura 1a) e outros apenas resíduo de granulometria mais fina (Figura 1b).

Figura 1 - Resíduos de gesso em diferentes granulometrias: Saco residual com granulometria alta (a) e Saco residual com granulometria baixa (b)



Fonte: Autores (2021).

Como se sabe a quantidade média de sacos de gesso retirados por apartamento e também é possível estimar o peso médio desses sacos, possibilita-se conhecer o peso médio de resíduos gerado por apartamento.

Quatro sacos de gesso de um mesmo apartamento foram pesados afim de se descobrir o peso médio de cada saco retirado do local. Dois sacos (Saco 1 e Saco 2) possuíam material de maior granulometria, sendo que outros dois sacos (Saco 3 e Saco 4) possuíam maior quantidade de gesso em pó armazenados. A Tabela 5 nos mostra que o peso encontrado em cada um, assim como o peso médio obtido.

Tabela 1 - Apresentação por saco de resíduo

Material	Peso (kg)
Saco 1	17,7
Saco 2	16,7
Saco 3	20,1
Saco 4	20,0
Média	18,6

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Sabendo a média de peso de resíduo por saco e a quantidade média de sacos que saem de cada apartamento se faz possível descobrir o peso médio total que sai de cada apartamento, como sendo 167,4 kg/apartamento.

Tendo conhecimento do peso de gesso comercial que entra no apartamento para a atividade de revestimento e do peso de resíduo que é gerado por apartamento, se faz possível

determinar a quantidade de resíduo gerado em relação ao gesso comprado inicialmente, em porcentagem:

Peso de gesso comercial = 425 kg/apartamento

Peso de resíduo = 167,4 kg/apartamento

Porcentagem de resíduo = 39,39%

O percentual de resíduo gerado por apartamento é uma média, considerando a estimativa do peso de material de cada apartamento executado. Muitas variantes podem fazer com que a porcentagem obtida não seja a porcentagem real, como por exemplo a conservação do material empregado, o prumo em que se encontram as paredes dos apartamentos e a execução do profissional contratado.

Com a intenção de trazer um orçamento contemplando a situação mais encontrada dentro do canteiro de obras, a porcentagem de gesso a ser utilizada como embasamento para os cálculos de orçamento do modelo de reciclagem foi de 39,39%, por se tratar da taxa média de gesso a ser reciclada, determinando a situação com maior confiança encontrada nos cálculos feitos dentro da orçamentação.

O material descartado pode ser direcionado diretamente para o processo de reciclagem dentro do canteiro. Esse processo deve passar pelo mesmo procedimento que a gipsita passa quando extraída da natureza. Devido à alta granulometria das peças residuais, se faz necessário a utilização de um britador mandíbula, escolhido para que seus grãos se tornem homogêneos, este pode ser um maquinário de baixa escala, o suficiente para que grãos de 200 mm passem pela abertura de entrada do britador. Grãos residuais de uma granulometria maior podem ser quebrados manualmente pelo aplicador antes da inserção na máquina, o que resulta em um menor custo com esse maquinário.

Posteriormente será realizada a calcinação em um forno para que se torne sulfato de cálcio hemi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) novamente e, por último, passa por um moinho para que o gesso fique na granulometria correta para a reaplicação em obra.

3.2 Estudo da Reciclagem de Resíduo de Gesso

Para o estudo adequado da reciclagem do material *in loco*, o estudo de reciclagem se difere do modelo em que ocorre o descarte. Ao invés de levar o material para a caçamba, dois serventes retiram o material dos apartamentos e deslocam o mesmo para a central de reciclagem com a utilização de um carrinho.

Os estudos técnicos das propriedades do gesso reciclado não foram realizados por conta da pandemia da covid-19, por causa da mesma os laboratórios para execução de pesquisa em relação ao do material não estavam abertos, por isso os dados técnicos não puderam ser obtidos e não foram levados em consideração. Inicialmente a tentativa de orçamento do maquinário foi feita através de planilhas de órgãos públicos ou licitações federais e estaduais da construção civil, porém não havia registro do maquinário necessário dentro das referências acessadas.

Para a abordagem das características de cada maquinário, a fim de se obter os valores de potência, capacidade de produção, tempo de uso e mão-de-obra empregada, primeiro orçou-se os tipos de maquinários, cada um deles foi orçado em três empresas diferentes, nomeadas de A à G, como mostra a tabela a seguir (Tabela 2):

Tabela 2 - Valores de maquinário orçados em fevereiro de 2021

Empresa	Britador (R\$)	Estufa (R\$)	Moinho (R\$)
A	45.000,00		
B	142.000,00		25.047,00
C	238.400,00		32.000,00
D	92.000,00		94.700,00
E		19.792,50	
F		102.000,00	
G		29.000,00	

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O britador da empresa A, a estufa calcinadora da empresa E e o moinho da empresa B foram escolhidos devido ao menor custo. A partir dos valores orçados e das características de cada máquina se faz possível designar tempo, mão-de-obra e custos de manutenção para cada etapa do processo de reciclagem, além das características do produto obtido.

Em um primeiro momento o material recolhido passa por um britador mandíbula de pequeno porte com tamanho de entrada da alimentação de 200x150 mm, pois a granulometria dos resíduos ensacados é passante pela abertura de entrada do britador. Caso não seja, o resíduo pode ser facilmente triturado manualmente pelo profissional empregado.

A capacidade de britagem da máquina é de 1,5 a 4 toneladas de material por hora, o que indica que, como o resíduo gerado é de menos de 200 kg por dia, o tempo que leva para britar todo o material obtido diariamente é de 10 minutos. Sua potência é de 10 CV, o que corresponde a aproximadamente 7,4 kW. A granulometria final obtida pelo britador se encontra entre 4 e 1 mm, podendo ser ajustada de acordo com a necessidade.

Assim que processado pelo britador, deve-se direcionar o material de granulometria uniforme para um forno de calcinação. A queima necessária será realizada em uma estufa laboratorial, possui dimensões internas de 700 mm x 650 mm x 500 mm de profundidade, resultando em 227 litros de volume interno para uso. Sua temperatura interna chega até 200 °C, tendo uma potência de 2,8 kW.

Segundo Gomes (2012), a melhor temperatura obtida para a calcinação do resíduo de gesso é de 160 °C em um período de 210 minutos dentro da estufa. Por se tratar de uma estufa relativamente pequena em relação ao volume de gesso reciclado no dia, seriam necessárias pelo menos duas etapas de calcinação, o que resulta em uso de forno de 420 minutos.

Terminando a etapa da calcinação, o material recolhido do forno já estaria apto para nova hidratação e uso dentro dos apartamentos, porém a granulometria desse material ainda estaria relativamente alta se comparada com o pó fino ensacado da produção industrial, por isso alinha-se uma última etapa dentro do processo, a passagem por um moinho.

O moinho escolhido é um moinho de rotor, possui tela de passagem de dimensões 120 por 60 mm, rotação de até 6500 rpm e caixa de coleta de amostras. A potência da máquina é de 1,5 kW e o agregado pode atingir granulometria entre 1 e 0,59 mm. O processo se assemelha ao do britador mandíbulas, o agregado passa pelo moinho de forma muito rápida, precisando também de 10 minutos para execução da atividade.

Como são duas etapas de calcinação, recomenda-se que o moinho seja utilizado também em duas etapas, fazendo com que o uso diário total do moinho seja de 20 minutos. Assim o material final é obtido mais rapidamente e pode ser direcionado diretamente para seu reuso, fazendo com que o material calcinado não fique parado no local. Após o processo realizado, tendo em mãos um material de granulometria e demais características físicas e

químicas parecidas com o gesso comercial, pode se direcionar o mesmo para o reuso na linha de produção.

Deve se levar em conta que as propriedades do material reciclado tendem a mudar em relação ao gesso comercial. Bardella (2011), afirma que o tempo para o início de pega de um gesso reciclado é maior que o do gesso comercial, isso se deve ao fato de que o gesso reciclado tem maior módulo de finura que o gesso comercial, influenciando a cinética da hidratação. O autor também destaca que grãos de gesso de maior granulometria calcinados a menores temperaturas tendem a perder menos partículas de água.

Cada caso de revestimento em gesso envolve diversos fatores, tanto do substrato em que será aplicado, quanto do aplicador, material e limpeza do local, que fazem com que cada tipo de resíduo de gesso seja diferente. Não seria correto fazer comparações entre resíduo de gesso aplicado em parede de concreto com o resíduo de forro acartonado e placas de *drywall*, por exemplo.

Por isso, cada caso de estudo de reciclagem de gesso é único, informações gerais sobre o que se espera do gesso reciclado podem ser debatidas em estudos como o de Bardella (2011), que mostra que o gesso reciclado se comporta de forma diferente quando suas propriedades são alteradas, quando misturado com diferentes teores de gesso comercial ou calcinado em temperaturas diferentes.

A recomendação a ser feita é que se compare o material comercial com o material obtido por meio de reciclagem e que seja adaptado da melhor forma possível o meio de se reutilizar o material, seja aplicando o mesmo diretamente no substrato ou determinando misturas entre gesso comercial e gesso reciclado. A ideia inicial do estudo de reciclagem contemplava execução em canteiro de obras, por conta da pandemia e do valor empenhado pela construtora para tentar fazer com que o processo fosse viabilizado a execução não foi realizada, se tratando apenas de estudos de orçamento e processos para que posteriormente possa ser contemplado em uma obra desde o início.

4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Na etapa de levantamento de custos determinou-se quais são os gastos de cada método em questão. Determina-se tanto os custos iniciais, como qualquer tipo de estrutura preliminar e suas instalações necessárias para o desenvolvimento do projeto, quanto os custos necessários para manutenção dos mesmos, como mão de obra e custos com locação. Vale ressaltar que os custos levantados no método de descarte dos resíduos são valores reais da administração do canteiro de obras, em estudo.

Já os valores do método da reciclagem, por se tratarem de uma projeção, são valores estimativos, podendo não representar as especificidades quando projetados para um outro canteiro de obras por exemplo, valores de estruturas, instalações e até o custo de maquinário podem variar dependendo dos valores dos materiais usados para a mesma.

Para os valores de materiais dessa projeção também foram usados valores fornecidos pela empresa, para que a diferença entre os métodos seja a mais real possível, apenas o maquinário foi orçado à parte pois não existe nenhuma projeção de custo para esses materiais dentro da empresa. Para conseguir o preço desses maquinários, foram orçados com 3 fornecedores diferentes e então selecionados os de menor valor.

4.1 Método de Descarte

O primeiro método a ser orçado é o empregado durante a obra, com o descarte de material através de caçambas. Durante todo o andamento da obra os materiais foram descartados em caçambas de 5 m³ de diferentes tipos, foram elas as caçambas de RCC, madeira, recicláveis (plástico e papelão), aço, gesso e materiais da classe D de resíduos, também chamados de resíduos perigosos. Mês a mês o acompanhamento das caçambas foi controlado, resultando na Tabela 3, que mostra o volume de material que saiu da obra durante o período de dezembro de 2019 até janeiro de 2021.

Tabela 3 - Volume residual da obra

Mês	Gesso (m ³)	RCC (m ³)	Madeira (m ³)	Reciclável (m ³)	Aço (m ³)	Classe D (m ³)
Dezembro/19	-	5	-	-	5	5
Janeiro/20	-	25	5	15	15	5
Fevereiro/20	10	25	15	10	15	-
Março/20	20	25	-	15	15	-
Abril/20	10	20	20	15	15	5
Mai/20	25	10	25	35	15	5
Junho/20	25	25	70	30	20	-
Julho/20	25	20	15	20	15	-
Agosto/20	25	20	70	30	15	8
Setembro/20	10	25	10	20	20	-
Outubro/20	20	50	40	30	20	5
Novembro/20	30	25	10	15	10	12,5
Dezembro/20	30	25	20	25	5	10
Janeiro/21	10	5	50	20	-	10
TOTAL	240	305	350	280	185	65,5

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Através da tabela percebe-se que o gesso não é o material que gera a maior quantidade de resíduos em volume, a madeira e o RCC foram os materiais mais descartado durante a obra, vale ressaltar que os resíduos de RCC eram apenas provenientes de concretagens e quebra de peças de concreto e argamassa. Junto aos volumes de aço e de material classe D, o gesso passou a ser o material que gerou menos resíduo em volume.

Para saber o total gasto com cada material, se faz necessário saber quanto se gasta com cada caçamba, sabendo que todos os descartes foram realizados em caçambas de 5 m³ (Tabela 4).

Tabela 4 - Valor pago por caçamba de cada material

Caçamba (5 m ³):	Gesso	RCC	Madeira	Reciclável	Classe D
Preço:	R\$ 600,00	R\$ 155,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 2.350,00

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O aço foi enviado a um ferro-velho na região, não sendo contabilizado no orçamento. A partir das tabelas 3 e 4 se faz possível obter o valor gasto por mês com cada resíduo na obra em questão, assim como o valor total do período avaliado (Tabela 5), e desse modo é possível comparar os custos de cada resíduo.

Tabela 5 - Valores gastos com descarte dos resíduos

Mês	RCC		Reciclável		Contaminado (R\$)
	Gesso (R\$)	(R\$)	Madeira (R\$)	(R\$)	
Dezembro/19	-	155,00	-	-	2350,00
Janeiro/20	-	775,00	150,00	450,00	2350,00
Fevereiro/20	1200,00	775,00	450,00	300,00	-
Março/20	2400,00	775,00	-	450,00	-
Abril/20	1200,00	620,00	600,00	450,00	2350,00
Mai/20	3000,00	310,00	750,00	1050,00	2350,00
Junho/20	3000,00	775,00	2100,00	900,00	-
Julho/20	3000,00	620,00	450,00	600,00	-
Agosto/20	3000,00	620,00	2100,00	900,00	3700,00
Setembro/20	1200,00	775,00	300,00	600,00	-
Outubro/20	2400,00	1550,00	1200,00	450,00	2350,00
Novembro/20	3600,00	775,00	300,00	450,00	5825,00
Dezembro/20	3600,00	775,00	600,00	750,00	4700,00
Janeiro/21	1200,00	155,00	1500,00	600,00	4700,00
TOTAL	28.800,00	9.455,00	10.500,00	7.950,00	15.450,00

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

A partir dos dados apresentados, observa-se que o custo com caçambas de gesso é o maior dentre todos os materiais, representando 40% do total gasto com o descarte de resíduos, contribuindo para justificar a reciclagem do material em questão. Além do valor da destinação dos resíduos, houve também custo com mão- de-obra de servente de pedreiro para a retirada do material dos apartamentos. Para a atividade observou-se durante o período uma média de 30 minutos por dia até a destinação de resíduo para as caçambas.

O valor de diária, levando em conta os encargos trabalhistas e 21 dias trabalhados em um mês de um servente de pedreiro, custa R\$ 131,79. Transformando o custo da diária em horas, levando em consideração que o período de trabalho no dia é de 8 horas, cada hora trabalhada custa R\$ 16,47. Considerando meia hora trabalhada todos os 21 dias do mês para

a destinação de resíduos de gesso nas caçambas, resulta-se em um valor de 10 horas e meia por mês de trabalho, o que resulta também em um valor de R\$ 172,2 por mês. As demais horas de trabalho do servente podem ser destinadas para outra atividade.

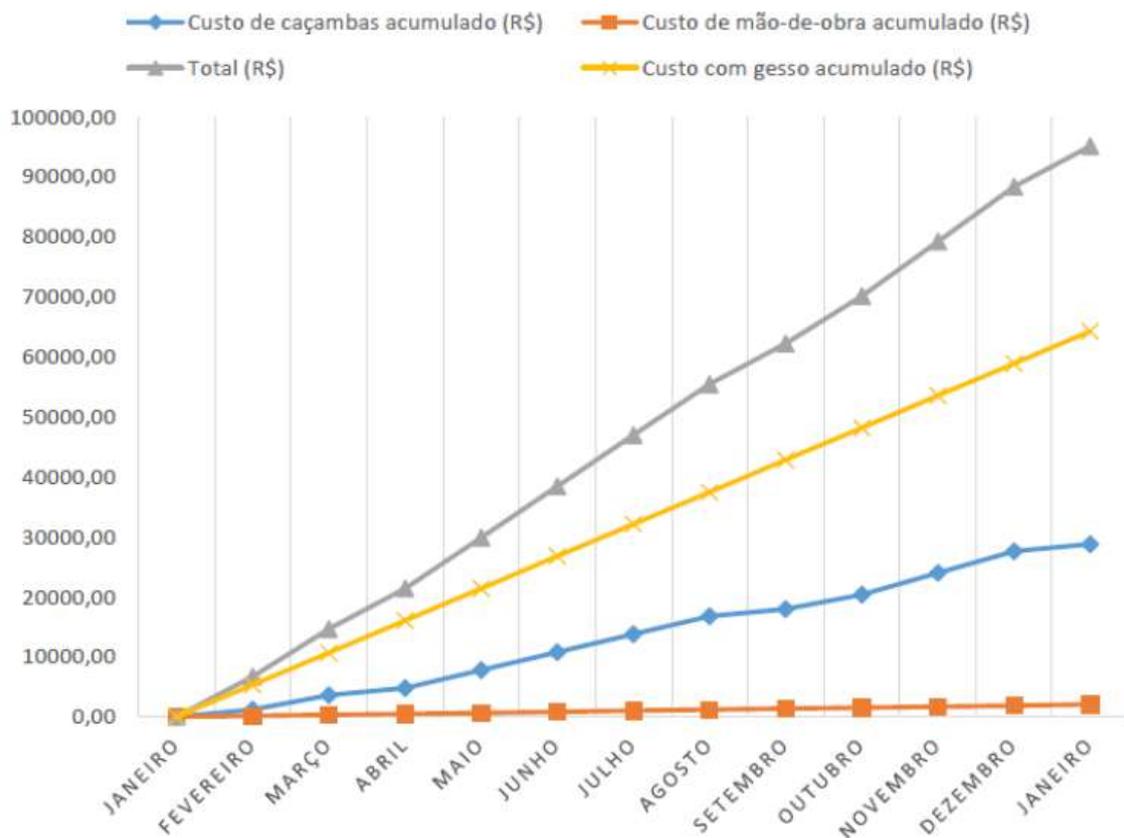
Como no método de reciclagem a proposta seria o reaproveitamento do gesso, se faz necessário que o gesso comercial consumido durante a obra seja orçado também, para que se discorra sobre a diferença de preço no consumo do material durante a obra.

Em cada bloco de 16 apartamentos foram utilizados 170 sacos com 40 kg cada de gesso comercial. O preço pago por cada saco do material incluindo o frete foi de R\$ 18,00, totalizando R\$ 3.060,00 de material por bloco. Considerando as dimensões da obra em que se realizou a análise, o valor final gasto na compra de material foi de R\$ 64.260,00. Afim de se trabalhar com valores mensais, sabendo que o período de trabalho com gesso foi de 12 meses, dissolve-se o valor de material nos meses trabalhados, resultando em R\$ 5.355,00/mês. Somando os valores mensais de locação de caçambas e mão-de-obra ao que foi gasto com material, atinge-se o valor de R\$ 7.927,20/mês.

A partir dos valores mensais de caçambas de gesso, mão-de-obra e material comercial, se faz possível calcular o custo acumulado ao longo de toda a obra, a fim de obter o custo final da atividade para a empresa.

É possível acompanhar o custo gradativo e acumulado da atividade de descarte (Figura 2). Entre custos com locação de caçambas e mão-de-obra obteve-se o valor de R\$ 30.866,40. Este valor refere-se em quase a sua totalidade à locação de caçambas, o que impulsiona a tentativa de desenvolvimento de reciclagem de gesso dentro do canteiro de obras. O valor médio gasto por mês com a atividade foi de R\$ 2.572,20.

Figura 2 - Custo acumulado do método do descarte



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O custo com gesso comercial também justifica a reciclagem, sabendo que com a realização da mesma, se faz possível comprar menos material para o serviço.

4.2 Método da Reciclagem

Para o desenvolvimento de orçamento para o método da reciclagem os custos iniciais com maquinário, a manutenção dos mesmos ao longo do tempo e a mão-de-obra empregada dentro do processo foram levantados. Além disso, descontou-se a quantidade de gesso reciclado obtida pelo método da quantidade de gesso comercial comprada.

Para o serviço de estruturas elétricas preliminares que receberiam o maquinário, a empresa destinaria o valor de R\$ 500,00 para a compra de materiais, este montante se refere ao custo preliminar médio de todas as obras já feitas pela empresa. Dentro desses materiais estão os cabos de energia utilizados, eletrodutos corrugados, quadro de energia, disjuntores, terminais, caixas elétricas, acabamento elétrico e iluminação.

Ao orçamento referente ao serviço de instalação da estrutura e maquinário foi designado a quantia de R\$ 300,00, preço pago pela empresa no serviço de acabamento elétrico e instalação de quadro de energia de dois apartamentos, tendo em vista que a estrutura da reciclagem em questão possui equipamentos de maiores potências e sistemas elétricos um pouco mais complexos que o de um apartamento.

É importante frisar que o maquinário orçado tem vida útil de no mínimo 10 anos, mesmo tendo alto custo a empresa após adquirir o mesmo pode utilizar não apenas em uma obra, mas em várias, fazendo com que seu custo se distribua entre as mesmas.

Em relação ao custo com mão-de-obra, o valor mensal a ser considerado é maior em relação ao método do descarte de resíduos, pois além da retirada do material de dentro dos apartamentos se faz necessária mão-de-obra para a realização das etapas da reciclagem.

Considera-se uma hora de mão-de-obra de um servente para realizar todo o processo de reciclagem, sendo 10 minutos para a etapa de britagem, 20 minutos para a etapa de calcinação e mais 20 minutos para o moinho. São adicionados mais 10 minutos para a destinação do material obtido até o local onde o serviço será executado, resultando em uma hora trabalhada por dia, gerando um custo mensal de R\$ 345,87.

Se faz importante também administrar o gasto diário com energia elétrica do maquinário. A potência de cada máquina foi multiplicada pelo seu consumo, e considerando o custo da energia elétrica, gera-se o gasto diário do sistema de reciclagem (Tabela 6), o preço do kWh foi estabelecido em R\$ 0,69 segundo dados da concessionária de energia elétrica (COPEL) para consumo de energia mensal maior que 220 kWh:

Tabela 6 - Custo com energia elétrica diário do sistema

Máquina	Consumo diário (kW)	Custo diário (R\$)
Britador	1,23	0,85
Estufa	19,6	13,52
Moinho	0,5	0,34
TOTAL:		14,71

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Considerando 21 dias trabalhados no mês, o custo mensal com energia elétrica equivale a R\$ 308,91. Dos 425 kg necessários por apartamento, 167,4 kg são resultados da reciclagem de gesso, sendo necessário comprar apenas 257,6 kg.

Os primeiros quatro apartamentos recebem a quantidade de gesso comercial total, pois o sistema de reciclagem não gera resultado nos primeiros dois dias, a partir daí o sistema se sustenta diariamente. Ao todo, nos 336 apartamentos do empreendimento seriam consumidos 2200 sacos de gesso comercial, resultando em R\$ 39.600,00.

Seria então uma média de R\$ 3.300,00 mensais gastos em gesso comercial, somados a R\$ 308,91 mensais do custo com energia elétrica e mais R\$ 345,87 com mão-de-obra, totalizando assim um custo mensal total de R\$ 3.954,78. O orçamento do método da reciclagem mês a mês, pode ser contemplado na Tabela 7.

Tabela 7 - Custo acumulado do método da reciclagem

Mês	Custo maquinário acumulado (R\$)	com Custo obra (R\$)	de mão-de-obra acumulado (R\$)	Custo com energia elétrica acumulado (R\$)	Custo com gesso acumulado (R\$)	Total acumulado (R\$)
Janeiro/20	90639,50	0,00	0,00	0,00	0,00	90639,50
Fevereiro/20	-	345,87	308,91	3300,00		94594,28
Março/20	-	691,74	617,82	6600,00		98549,06
Abril/20	-	1037,61	926,73	9900,00		102503,84
Maió/20	-	1383,48	1235,64	13200,00		106458,62
Junho/20	-	1729,35	1544,55	16500,00		110413,40
Julho/20	-	2075,22	1853,46	19800,00		114368,18
Agosto/20	-	2421,09	2162,37	23100,00		118322,96
Setembro/20	-	2766,96	2471,28	26400,00		122277,74
Outubro/20	-	3112,83	2780,19	29700,00		126232,52
Novembro/20	-	3458,70	3089,10	33000,00		130187,30
Dezembro/20	-	3804,57	3398,01	36300,00		134142,08
Janeiro/21	-	4150,44	3706,92	39600,00		138096,86
TOTAL	R\$ 90.639,50	R\$ 4.150,44	R\$ 3.706,92	R\$ 39.600,00		R\$ 138.096,86

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Através dos dados percebe-se que o método em questão tem um custo inicial consideravelmente alto, porém, em um ano, o custo com o manutenção do sistema chegou apenas à metade do valor gasto inicialmente. Vale observar que, a perda de água durante a calcinação do material residual, não foi medida por conta da pandemia, assim não se obteve quanto de massa se perde do resíduo quando o material é calcinado. Se fosse feito, deveria ser levado em conta esse dado, pois o peso de resíduo é modificado e a orçamentação deve mudar por conta disso.

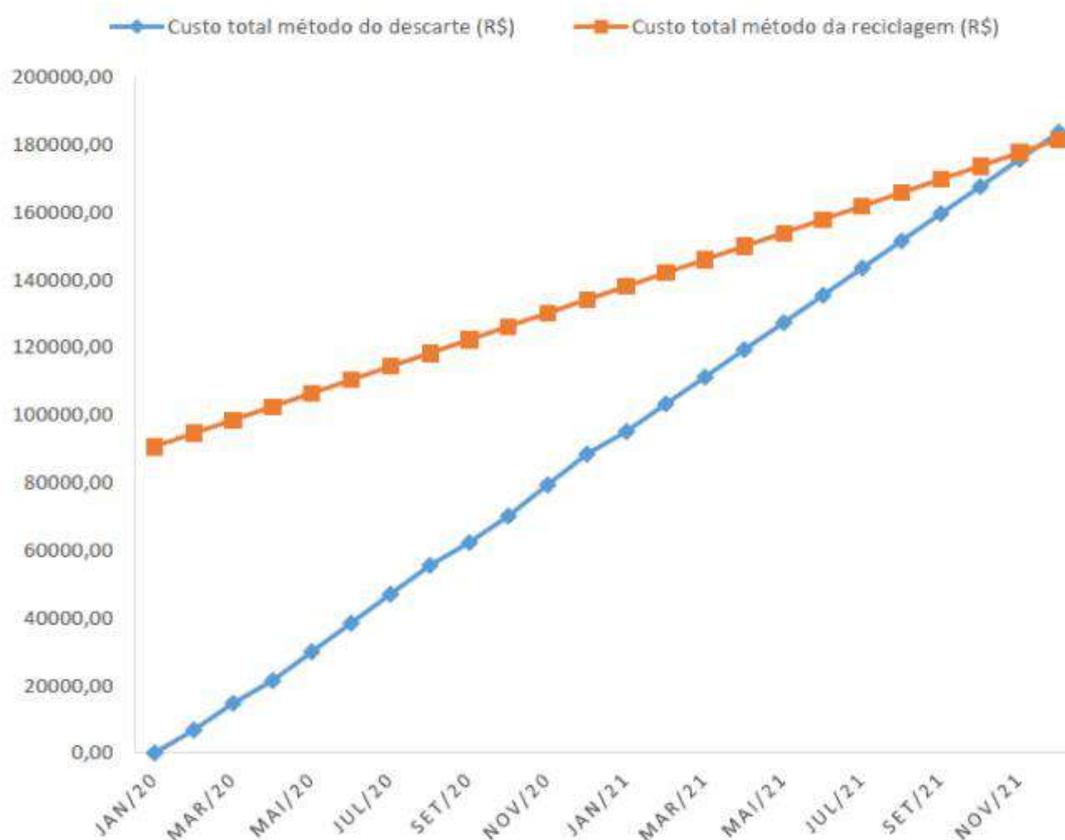
4.3 Comparação Financeira dos Métodos

Sabendo que o método da reciclagem possui um investimento inicial muito alto em função do maquinário, torna-se necessário que a comparação seja feita a longo prazo, do início até o fim da aplicação de gesso dentro da obra, para que os gastos mensais também sejam levados em conta e que a comparação se torne mais confiável.

Enquanto o método do descarte tem custo mensal maior que o do método da reciclagem, o custo inicial com maquinário durante a reciclagem se mostra muito alto, após um ano de manutenção não se faz possível zerar o custo afim de viabilizar o uso do resíduo em canteiro.

Em uma obra com maior número de apartamentos o método da reciclagem poderia ser economicamente viável. Ao se realizar uma projeção (Figura 3) para os próximos meses do ano, percebe-se que o método se tornaria viável após 23 meses. Sendo assim, rodando diariamente o método da reciclagem, em um ano e onze meses o sistema se pagaria e passaria a gerar lucro para a empresa, além de promover desenvolvimento de maneira sustentável.

Figura 3 - Custo mensal dos métodos



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Tendo em vista que cada apartamento em estudo possui uma área de revestimento em gesso de 129,10 m², é possível dizer que, para que o sistema de reciclagem previsto seja economicamente viável, se faz necessário que uma área de 82.624 m² seja revestida em gesso. Pode-se afirmar que o método da reciclagem não seria viável se comprado apenas para a obra em questão, porém, se tratando de uma empresa com diversas obras, o sistema poderia ser dividido entre as outras obras, afim de um maior aproveitamento, sendo necessário incluir o levantamento de custos como a depreciação, transporte e manutenção por exemplo.

Diversos tipos de selos ambientais e programas de desenvolvimento sustentável poderiam ser obtidos para a empresa que conseguisse colocar o estudo de reciclagem em prática, tornando-se um exemplo de sustentabilidade para as demais empresas do ramo.

5 CONCLUSÕES

O estudo da reciclagem é uma etapa importante a ser feita pois leva em conta todas as partes do processo de reciclagem do resíduo, desde as dimensões do maquinário que pode ser utilizado e a capacidade de atividade do mesmo, sem estes dados não se faz possível quantificar o produto obtido por meio do processo.

Fazer com que a reciclagem em pequena escala seja feita de forma correta é economicamente inviável, o valor do gesso é baixo e o custo do maquinário adequado é relativamente alto. Para a obra em questão, seriam 240 m³ de gesso que deixariam de ser descartados, promovendo maior sustentabilidade.

Fazer com que o material seja reciclado da forma correta e mostrar para a sociedade que existe um meio para evitar o descarte do mesmo pode fazer com que se desenvolvam novos métodos que promovam a reciclagem do aglomerante e sejam melhor utilizadas, além de ser um meio importante de obtenção de selos de sustentabilidade e defesa do meio ambiente para as empresas.

Se faz necessário também observar que, por motivos da pandemia, não foi possível contemplar os aspectos técnicos, que trariam um melhor panorama sobre o resíduo de gesso obtido na obra.

REFERÊNCIAS

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de doutorado, São Paulo - SP, 1999. 189 p.

CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 26 de jan. 2021.

CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 431, DE 24 DE MAIO DE 2011**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 26 de jan. 2021.

RIBEIRO, A. S. **Produção do gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil**. 304 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

LUZ, A. B.; POSSA, M. V.; ALMEIDA, S. L. **Tratamento de minérios**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de tecnologia mineral e CNPq, 1998, 676 p.

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. **Teoria e prática do tratamento de minérios: Britagem, Peneiramento e Moagem**, v.3, 5 ed., Oficina de Textos, São Paulo. 2012

SANTOS, L. P. **Notas de Aula Fundamentos Processo Produtivo do Gesso**, Curso de Química Industrial – Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP). 1999.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M. C. O gesso como material de construção. Parte I. **Tecnologia das Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1988, p 53-56.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13207: Gesso para construção civil – Requisitos**. Rio de Janeiro. 2017.

DE MILITO, J. A. **Avaliação do desempenho de Aglomerante á Base de Gesso com Cimento Portland de alto forno e sílica ativa**. Tese de doutorado Faculdade Engenharia Civil – Unicamp, 2007.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: Avaliação de propriedades para uso em componentes**. 2011. 304p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CAMARINI, G.; PIMENTEL, L. L; SÁ, N. H. R. Assess of the material loss in walls renderings with α -hemihydrate paste. **Applied Mechanics and Materials**. Vols. 71- 78, 1242-1245, 2011.

DIAS, A.M.N. **Gesso de construção: caracterização do pó, pasta e argamassas e aplicação como revestimento interno**. 1994. Dissertação de mestrado - EPUSP, São Paulo - SP, 1994. 157 p.

MENEZES, R. B.; PÓVOAS, Y. V. Influência de aditivo retardador de pega na reciclagem da pasta de gesso utilizada como revestimento interno de parede. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 2, n. 1, p.55-62, out. 2016.

QUEIROZ, D. M. N. Influência de aditivo retardador de pega na reologia de pasta de gesso. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 2, n. 1, p.120- 126, out. 2016.

CAVALCANTI, R. A. A.; PÓVOAS, Y. V. Análise da Influência da Composição granulométrica do resíduo de gesso nas propriedades do revestimento interno de parede. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 2, n. 1, p.290 293, out. 2016.

GOMES, M. F. **Otimização do tempo e temperatura no processamento da gipsita oriunda dos cristalizadores da produção de sal para obter gesso de uso na construção civil**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química, Natal, 2012.

BARDELLA, P. S. **Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado**. 214 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

COPEL. “**Tarifa convencional – subgrupo B1**”. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fc28b22b01ad9182403257488005939bb>>. Acesso em: 26 de jan. 2021.



COBERTURAS INTELIGENTES BASEADAS NA INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS E NANOCONTÊINERES COM INIBIDORES DE CORROSÃO

Afonso Poli Neto

Centro Universitário Sagrado Coração – Unisagrado Torrinha – SP
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7052574081196515>

Herbert Duchatsch Johansen

Centro Universitário Sagrado Coração – Unisagrado Bauru – SP
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1881638655742736>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

08/10/2021

Aceito em:

11/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Nanopartículas

Anticorrosivos

Tintas

Água

Maresia

RESUMO

O uso de nanopartículas tem ganhado força em diversos campos, focando-se nas suas aplicações em recobrimentos para peças metálicas para a proteção contra ações oxidantes decorridas do contato com água marinha ou pela ação da maresia. As nanopartículas são classificadas pelo seu tamanho, estão contidas na faixa de 1 a 1000 nanômetros, devido a seu tamanho reduzido vem ganhando muitas aplicações em diferentes áreas do conhecimento. Um dos tipos são as nanopartículas magnéticas, compostas principalmente de magnetita e que tem propriedades magnéticas muito fortes, sendo utilizadas com diferentes aplicações, como o de guiar fármacos dentro do corpo humano a locais específicos ou de melhorar a aderência de selantes. Outro tipo, muito mais comum, são as nanopartículas de sílica, que são utilizadas de muitas formas, mas principalmente para absorver componentes voláteis. A preocupação com a quantidade de lixo plástico produzido diariamente também é notada, logo, como forma de atenuar os efeitos do descarte irregular desses componentes, propôs-se a reciclagem de poliestireno expandido para utilização como verniz. As sínteses desses componentes se diferem muito, para as nanopartículas magnéticas foi realizado a síntese por meio da coprecipitação de sais de ferro em meio básico. Já a síntese das nanopartículas de sílica, utilizou-se o método de Stöber modificado, a fim de testar um reagente diferente para a síntese. Devido a situação de pandemia, os testes de corrosão não puderam ser realizados, contudo, um estudo teórico com as referências coletadas pode ser feito com boas discussões e resultados promissores.

INTELLIGENT COVERAGES BASED ON THE INCORPORATION OF MAGNETIC NANOPARTICLES AND NANOCONTAINERS WITH CORROSION INHIBITORS

ABSTRACT

The use of nanoparticles has gained strength in several fields, focusing on their applications in coatings for metallic parts for protection against oxidizing actions resulting from contact with sea water or by the action of sea air. Nanoparticles are classified by their size, are contained in the range from 1 to 1000 nanometers, due to their small size, it has gained many applications in different areas of knowledge. One of the types are magnetic nanoparticles, composed mainly of magnetite and which have very strong magnetic properties, being used with different applications, such as guiding drugs inside the human body to specific locations or improving the adhesion of sealants. Another type, much more common, are silica nanoparticles, which are used in many ways, but mainly to absorb volatile components. The concern with the amount of plastic waste produced daily is also noticed, therefore, as a way to mitigate the effects of irregular disposal of these components, it was proposed to recycle expanded polystyrene for use as varnish. The syntheses of these components are very different, for the magnetic nanoparticles the synthesis was carried out through the co-precipitation of iron salts in a basic medium. As for the synthesis of silica nanoparticles, the modified Stöber method was used in order to test a different reagent for the synthesis. Due to the pandemic situation, corrosion tests could not be carried out, however, a theoretical study with the collected references can be done with good discussions and promising results.

Keywords:

Nanoparticles

Anticorrosives

Paints

Water

Salt spray

1 INTRODUÇÃO

O que caracteriza qualquer tipo de nanotecnologia é o tamanho dos componentes ou de suas partículas, que estão contidos na faixa de 1 a 1000 nanômetros (nm). Com tais escalas de tamanho alguns componentes apresentam novas características físico-químicas, e outras que já pertenciam àquele material ficam mais evidentes, como suas propriedades magnéticas ou sua capacidade de dispersão no meio em que estão inseridas.

No caso de nanopartículas (NP) magnéticas, compostas principalmente por magnetita (Fe_3O_4), são utilizadas com diversas finalidades, seja na área biológica (MARTINS, Pedro M. A. 2011.) ou os ferrofluidos (FRANCISQUINE, E.; SCHOENMAKER, Jeroen; SOUZA, José Antonio. 2014). que tem suas aplicações em ambientes mais extremos. A síntese desses compostos, pode ser obtida através de vários métodos, dentre eles o de

coprecipitação, o de degradação térmica e o de redução, sendo estes os mais utilizados e com maior eficiência, segundo a literatura.

Além das nanopartículas, também estão presentes os nanocontêineres (NC), estruturas de mesma escala nanométrica que as anteriores (em pelo menos uma das dimensões), porém com o diferencial de poder abrigar dentro da sua estrutura, oca ou porosa, outros tipos de substâncias, sejam estas as próprias nanopartículas ou ainda aditivos anticorrosivos, por exemplo. Dentre os variados materiais utilizados para sintetizar os nanocontêineres, a Sílica ou Dióxido de Silício (SiO_2) são os mais empregados, devido a sua facilidade de síntese e por ser de baixo custo (FERREIRA, Odair Pastor, 2003).

O isopor, convencionalmente chamado de EPS ou poliestireno expandido é um polímero composto pela repetição do $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$ assim configurando um material de baixa densidade, é possível utilizar o EPS como um verniz aplicável em tintas quando misturado com um solvente orgânico, assim obtendo uma proteção contra a retenção de água.

Este trabalho tem como objetivo descrever os processos de síntese das nanoestruturas que irão ser posteriormente adicionadas em determinadas quantidades a fim de produzir algumas concentrações diferentes para teste e análise da eficiência.

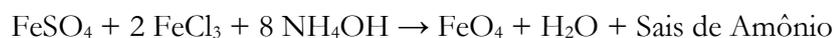
A pesquisa por materiais cada vez mais eficientes e com maior durabilidade é constante, assim sendo, este trabalho visa o aperfeiçoamento no ramo de tintas, fazendo com que estas por sua vez, tenham um rendimento maior e uma durabilidade elevada, principalmente no âmbito do desenvolvimento de novos recobrimentos anticorrosivos para peças metálicas.

2 METODOLOGIA

Com o objetivo de realizar os testes relacionados as sínteses de cada um dos componentes que seriam adicionados a tinta, a metodologia estabelecida se deu de maneira que fosse possível relacionar a eficácia dos métodos de síntese, em termos tanto qualitativos e quantitativos, para que, as proporções que fossem aplicadas a tinta tivessem o menor erro associado possível.

Primeiramente foram realizados testes para a síntese das nanopartículas magnéticas e também o agente estabilizador baseado em uma solução de ácido cítrico, para evitar a oxidação das nanopartículas.

O método utilizado para sintetizar as nanopartículas magnéticas de magnetita foi o da coprecipitação de sais de ferro em meio básico sob aquecimento. Seguindo a estequiometria da reação a seguir:



Os sais precursores foram o Sulfato e Ferro II e o Cloreto de Ferro III, que foram pesados e solubilizados de maneira que, as concentrações das misturas fossem equivalente a 0,5 mol/L de cada um dos sais.

Dessa maneira pesou-se 13,900 g de Sulfato de Ferro II em balança analítica, e solubilizou-se em um balão volumétrico de fundo chato de 100 ml. Conferindo uma concentração de 0,5 mol/L. Para manter a proporcionalidade da estequiometria, pesou-se 27,029 g de Cloreto de Ferro III em balança analítica e solubilizou-se em um balão volumétrico de fundo chato de 200 ml. Conferindo uma concentração de 0,5 mol/L.

Assim sendo, a previsão segundo a estequiometria é de formação de aproximadamente 19,29081 g de magnetita.

Para a preparação do meio básico, segundo a estequiometria é necessária uma massa de 23,834 g de Hidróxido de Amônio, contudo, trata-se de o precursor ser uma solução de concentração aproximada de 30% de Hidróxido de Amônio, de tal maneira que, foi necessário um volume de 80 ml de solução reagente medida em proveta graduada de 100 ml.

As duas soluções que foram preparadas contendo sais de ferro foram misturadas em um balão volumétrico de 500 ml por cerca de 10 minutos.

Após a mistura das soluções, o conteúdo foi transferido para um béquer de 1000 ml e aquecido sobre um agitador magnético e misturado de maneira mecânica até atingir a temperatura de 60° C, sendo monitorado por um termômetro.

Quando a mistura atingiu a temperatura estabelecida, foram adicionados 80 ml de solução de Hidróxido de Amônio, e permaneceu-se sob constante agitação mecânica por mais 30 minutos.

Ao final desta etapa, a mistura final resfriou-se naturalmente até a temperatura ambiente. Ao atingir essa temperatura o conteúdo do béquer foi distribuído em 33 tubos de 15 ml para centrífuga, para serem decantados a 4000 rpm por 5 minutos, a fim de separar as nanopartículas do meio líquido.

Após o processo de centrifugação a porção aquosa contendo os sais de amônio foi retirada do tubo, e eles foram lavados com água destilada, para serem transferidos a um béquer de 1000 ml.

O béquer contendo as nanopartículas solubilizadas em água destilada foi colocado sobre um agitador magnético desligado para que fossem separadas magneticamente da solução aquosa, a fim de reduzir o volume total da solução. Após a retirada da maior parte do líquido, as nanopartículas foram armazenadas em meio estabilizador preparado, em um recipiente fechado para evitar oxidação.

A preparação da solução estabilizadora se deu pela pesagem de 0,0282 gramas de ácido cítrico anidro, em pó, em balança analítica e então solubilizado em um balão volumétrico de 50 ml, para preparo de solução de Ácido Cítrico a 0,003 mol/L.

Em um segundo momento, foi realizado um teste para sintetizar nanopartículas de sílica, que seriam utilizadas para absorver e distribuir de maneira mais uniforme o agente anticorrosivo. Essas partículas serviriam principalmente para armazenar o agente anticorrosivo sendo que, este, só seria liberado caso houvesse o rompimento das tais partículas, aumentando assim a eficiência e a vida útil desta proteção.

Para as sínteses das nanopartículas de sílica foi utilizado o método de Stöber modificado, que, nos testes realizados foi substituído o TEOS (Tetraetoxissilano), por 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano, seguindo o mesmo método previamente estabelecido.

A síntese dos nanocontêineres, com 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano, foi preparada em um Erlenmeyer de 250 ml, um volume de 160 ml de etanol, 40 ml de água e 5 ml de hidróxido de amônio sob agitação constantes em um agitador magnético por 10 minutos em temperatura ambiente. Após os 10 minutos de agitação foi adicionado 1 ml de 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano e a mistura foi deixada fechada, sob agitação constante por um total de 24 horas em temperatura ambiente.

Para aprimorar ainda mais o efeito de proteção, e com a preocupação ambiental que deve sempre nortear nossos estudos, foi proposto também a utilização de um verniz a base de poliestireno reciclado, para aumentar o isolamento da peça metálica da água.

Em um béquer de 25 ml foi pesado um total de 0,4495 gramas de Poliestireno Expandido que posteriormente foi solubilizado com 1 ml de Acetona P.A., misturado por agitação mecânica.

Tendo em mente que, o principal uso desses agentes corrosivos se dá pelo fato de que peças metálicas estão expostas a água presente, ou no ar, ou diretamente submersos, e que, o efeito corrosivo é aumentado quando está associado a maresia, o meio corrosivo para os testes segue uma simulação de concentração de cloreto de sódio presente na água do mar.

Em um balão volumétrico de 500 ml, foi preparado uma massa de 17,5 gramas de cloreto de sódio (NaCl) para que fosse preparada uma solução de 3,5% (kg/kg) para simular a água do mar e assim poder servir como meio corrosivo para os corpos de prova.

Os corpos de prova de alumínio foram preparados em uma totalidade de 15 corpos de prova, sendo uma triplicata para cada uma das concentrações que seriam testadas (4 concentrações diferentes) e uma série sem nenhum aditivo para comparação.

Todos os corpos de prova foram lavados com água destilada antes do processo de preparo, que por sua vez foram lixados nas lixas d'água de granulação 400, em sequência na de 500, em sequência na de 600, em sequência na de 800 e em sequência na de 1200, num total de 2 minutos para cada uma das faces dos corpos de prova, o que totalizou 30 faces lixadas. Ao final de cada face de cada corpo de prova, eles foram lavados com água destilada e secos em papel toalha descartável e guardados aos trios em potes específicos etiquetados para cada amostra e a lixa final em que foram tratados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Nanopartículas Magnéticas e Estabilização por Ácido Cítrico

A síntese por coprecipitação de sais de ferro para formação de nanopartículas de magnetita foi realizada conforme a descrição feita por CUNHA (2018), desta maneira ao final de todo processo de síntese descrito neste trabalho, a síntese ocorreu como esperado, obtendo a formação e precipitação da magnetita a partir da mistura de sais de ferro ao adicionar à solução de Hidróxido de Amônio.

A primeira característica que é possível observar é a coloração, onde preta é notada. Em segundo, com a utilização de um ímã, também é possível notar que as partículas vão de encontro ao Ímã.

Após armazenagem das nanopartículas, foi realizado um processo de secagem delas a fim de averiguar a quantidade de partículas formadas, em massa e compará-las aos cálculos estequiométricos.

A solução com as nanopartículas que estavam armazenadas, foram transferidas e o conteúdo do pote também foi lavado com água destilada e transferido a um béquer de 1000 ml. Após a transferência o béquer foi aquecido sobre um aquecedor e agitador magnético, sem agitação, durante alguns minutos. Em paralelo, uma balança semi-analítica foi tarada com a massa do béquer de 1000 ml para que, apenas o seu conteúdo fosse aferido na balança.

Foram feitas 12 pesagens, no período de duas horas, que a partir da pesagem número 9, a massa aferida na balança não se alterou. Os resultados estão demonstrados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Massa das Nanopartículas Magnéticas

Número da Pesagem	Massa Aferida em Gramas
1	49,7
2	45,3
3	37,2
4	26,32
5	22,12
6	20,49
7	19,95
8	19,8
9	19,76
10	19,75
11	19,75
12	19,75

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Após o processo de secagem e pesagem das nanopartículas, foi observado mudança de coloração, de preto para marrom e posteriormente para um enferrujado. Tal fato se deve a oxidação das nanopartículas expostas ao oxigênio presente no ar atmosférico.

A massa final é próxima do que foi calculado pela estequiometria, que foi de aproximadamente 19,29081 gramas. A diferença entre a massa estequiométrica e a aferida se

deve ao fato de que as nanopartículas foram armazenadas em solução de Ácido Cítrico, conforme demonstrado anteriormente, que leva a esse aumento na massa final pesada, além de, possíveis moléculas de água que não foram completamente retiradas.

Durante o levantamento bibliográfico foi observado que, soluções de Ácido Cítrico evitavam a aglutinação das nanopartículas magnéticas de magnetita. Dessa maneira a produção de uma solução de 50 ml de Ácido Cítrico a 0,003 mol/L foi efetuada e, ao final do processo de síntese das nanopartículas, elas foram acomodadas em tal solução a armazenada por cerca de 7 dias, ou 168 horas. Não apresentando posteriores aglutinações.

As nanopartículas magnéticas de magnetita tiveram os resultado conforme esperado e, com base no tipo de síntese que foi realizado, a da coprecipitação por sais de ferro utilizando meio básico, é também possível comparar os resultados com o descrito por MARTINS (2011), BRANCO (2013) e por CUNHA (2018), uma vez que suas sínteses se assemelham muito a que foi realizada neste estudo. Segundo MARTINS (2011):

Na síntese Fe10 foram despendidas grandes quantidades de sais de ferro. Sabendo da propalada influência que as concentrações de sais têm nos tamanhos e dispersão das NPs (Babes, Denizot et al. 1999; Itoh and Sugimoto 2003; Maity and Agrawal 2007), outras sínteses (Fe11, Fe12 e Fe13) foram realizadas usando menores quantidades de sais. Aferiu-se assim se com emprego de menores quantidades de sais seria possível obter tamanhos similares aos obtidos em Fe10. Nas sínteses Fe12 e Fe13, o dobro (2C) e o triplo (3C) das quantidades de sais em Fe11 (C) foram, respectivamente, usadas. Maiores massas de NPMs são obtidas com maiores massas de sais.

Em seu trabalho, o autor mostra as diferentes massas obtidas a partir de determinadas quantidades de sais precursores bem como o tamanho das nanopartículas. A síntese demonstrada por MARTINS (2011) se assemelha da que foi realizada neste trabalho.

Assim como também, o que foi demonstrado por CUNHA (2018), a síntese realizada pela autora também se assemelha com a realizada neste trabalho. Segundo a autora:

A partir da síntese pelo método de coprecipitação foi possível obter nanopartículas de óxido de ferro que se assemelham com a magnetita, já que apresentaram coloração preta (Figura 10.a). Além disso, outro comportamento observado nessas nanopartículas foi a tendência a se agregarem, formando conjuntos de aglomerados de tamanhos variados, como visto na Figura 10.b, na qual é constatado um diâmetro da partícula em torno de 12 a 50 nm. Essa agregação pode ter sido influenciada pela sinergia entre elas e pela instabilidade dessas nanopartículas em solução aquosa, as quais são melhor discutidas nas análises do tamanho e potencial zeta, respectivamente. CUNHA (2018).

Com relação a estabilização a partir de soluções de ácido cítrico, também é possível observar que houve sim uma desaglutinação das nanopartículas magnéticas no tempo em

que ficaram armazenadas, assim como descrito e observado por MARTINS (2011) e por CUNHA (2018). Para MARTINS (2011):

De acordo com os resultados ilustrados na Figura 4.2, as diferentes proporções de NPMs e AC influenciam o tamanho das primeiras. Tal seria de esperar, uma vez que os íons do AC adsorvem à superfície da NPM e inibem o seu crescimento (Bee, Massart et al. 1995). Devido à monodispersão e tamanhos reduzidos, a amostra CA-3 é a mais adequada para uma putativa aplicação, especialmente se forem pretendidas NPMs pequenas.

Sugerindo que, ao utilizar uma proporção de 1:1 em massa de Ácido Cítrico para com as Nanopartículas, é possível obter resultados que favorecem as menores partículas formadas. Logo, para CUNHA (2018):

Assim, considerando uma análise visual, pode-se dizer que a concentração de 0,003 mol/L de ácido cítrico em água se mostrou mais apropriada para o propósito deste trabalho, uma vez que apresentou mais partículas dispersas tanto à curto como à longo prazo e, além disso, foi a menor concentração utilizada, necessitando, portanto, de uma menor quantidade deste reagente.

Assim demonstrando, segundo a autora, que também houve melhora na dispersão e na desaglutinação das nanopartículas quando expostas em meio ácido, com Ácido Cítrico.

A partir dos resultados demonstrados nos tópicos anteriores, utilizando como comparação a literatura apresentada, podemos afirmar que houve com êxito a formação de Nanopartículas Magnéticas de magnetita e que, a utilização de Ácido Cítrico, propiciou uma melhor estabilidade dessas partículas.

3.2 Síntese Nanopartículas de Sílica

A síntese das nanopartículas de sílica que serviriam como nanocontainers para a solução inibidora de corrosão foram realizados seguindo o método de Stöber modificado, seguindo como base o que foi descrito por CUNHA (2018), utilizando diferentes reagentes para a tentativa de formação de precipitado, que no caso, seriam as nanopartículas de sílica.

A primeira tentativa foi utilizando o 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano 0,5 - 1% como agente formador das nanopartículas. Após todo o processo de síntese ter se seguido, não foi observado nenhuma formação de precipitado ou notado qualquer tipo de turbidez presente no Erlenmeyer cuja solução estava sendo testada.

Diante do que foi apresentado referente aos testes de síntese de Nanopartículas de Sílica que seriam utilizadas como nanocontêineres para o inibidor de corrosão, não foram alcançados os resultados esperados.

O método de Stöber modificado que foi apresentado por CUNHA (2018), e por SILVA (2018), são exemplos de métodos efetivos dessa mesma síntese. Dessa maneira, traçando paralelos entre os trabalhos realizados, podemos observar a utilização do Tetraetoxissilano (TEOS), como agente formador das nanopartículas, fornecendo para a síntese o Silício necessário para a formação do precipitado contendo as nanopartículas. A síntese realizada por CUNHA (2018), se seguiu da seguinte maneira:

“As nanopartículas de sílica pura foram usadas como amostra comparativa. O procedimento adotado foi adicionar em um erlenmeyer 160 mL de etanol, 40 mL de água deionizada e 5 mL de NH₄OH, e agitar no sonicador por 3 min. Em seguida, gotejou-se 1 mL de TEOS na solução contida no erlenmeyer, tampando-o com parafilme e agitou-se magneticamente a solução durante 24 h em temperatura ambiente. Parte da solução com as partículas de sílica foi colocada na capela para evaporar os reagentes e obter as partículas secas. O produto foi denominado de NPSi.” (CUNHA (2018)).

Observando a utilização do TEOS como agente formador das nanopartículas. Assim como, em paralelo, o que é descrito por SILVA (2018) para a síntese das nanopartículas:

Os materiais utilizados para a confecção das nanopartículas de sílica foram o surfactante catiônico CTAB (brometo de cetiltrimetilamônio), da marca NEON, hidróxido de amônio P.A. (28 % a 30 %), álcool etílico P.A., água deionizada, TEOS (tetraetoxissilano) da marca Pioneira e o inibidor de corrosão dodecilamina da Sigma-Aldrich (grau de pureza $\geq 99\%$). Para as medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), foi utilizada solução salina 0,1 mol/L, sendo o substrato aço carbono 1020. Para obter o meio ácido ou básico, adicionou-se solução de HCl 0,1 mol/L ou NaOH 1 mol/L, respectivamente, até se atingir o pH desejado. SILVA (2018).

Dessa maneira, as tentativas realizadas neste trabalho não foram promissoras utilizando o 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano 0,5 - 1%. A partir da falha na tentativa de síntese, duas conclusões podem ser apontadas. A primeira é a de que o 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano não é um substituto para o TEOS, não realizando a precipitação das nanopartículas, uma vez que não foi observado em nenhum estudo prévio a utilização do mesmo para esse tipo de síntese. A segunda é a de que, a concentração do 3-Glicidiloxipropil Trimetilsiloxano é baixa, já que advinha de um produto comercial e não de uma substância com padrão analítico.

3.3 Síntese Verniz a Base de Poliestireno Expandido

A síntese do verniz à base de Poliestireno Expandido é na realidade, bastante simples, consiste em dissolver, ou retirar o ar, presente entre as moléculas do poliestireno, fazendo com que seu volume diminua drasticamente. A Acetona P.A. que foi utilizada para quebrar tais ligações entre as moléculas de Poliestireno, resultando em apenas o plástico como produto.

Ainda com o Poliestireno, foi realizado um teste para determinar a quantidade necessária para solubilizá-lo. Enquanto a mistura de Poliestireno e Acetona estava no béquer, o poliestireno se apresentava de forma bastante pastosa, contudo não adere às paredes do recipiente. Em seguida foi retirado o excedente de Acetona, conquanto o total de 0,11 ml, retirado por uma pipeta de 1 ml. Após a retirada, o Poliestireno rapidamente se tornou uma massa, menos maleável e mais seca, aderindo fortemente às paredes do recipiente. O poliestireno apresentou uma cor amarronzada devido a sua cor natural, retirada do recipiente, contudo esse aspecto não aparenta ter interferido na solubilização dele. A produção do verniz a base de Poliestireno seguiu conforme o esperado.

Dado o verniz a base de poliestireno sendo, principalmente, utilizado para evitar ou dificultar a interação entre a água com o corpo de prova que está sendo estudado, diferentes abordagens de como quebrar as ligações entre as moléculas de poliestireno são utilizadas, mas, em sua maioria são solventes que tem forte interação com compostos apolares, como o caso do poliestireno.

Neste trabalho foi realizada a solubilização do poliestireno com Acetona P.A. e é possível observar que existe a formação de uma massa, que posteriormente seria adicionada à tinta para atuar como um bloqueador para a água que entraria em contato com os corpos de prova de alumínio. Outros solventes podem também ser utilizados como o que foi demonstrado por BACELAR et al. (2017), por COELHO et al. (2014) ou por BARCELLOS et al. (2013), que utilizando solventes diferentes mostraram a eficácia do verniz a base de poliestireno como bloqueador de água em diferentes materiais. Como descrito por BACELAR et al. (2017):

Conclui-se com os testes realizados em escala laboratorial à possibilidade de se obter um verniz, à base de poliestireno expandido (EPS) associado ao uso do solvente Xilol, amplamente utilizado nas indústrias de tintas. As características do produto gerado são similares ao verniz comercial no aspecto de viscosidade e impermeabilidade.

3.4 Meio Corrosivo e Preparação dos Corpos de Prova

Para a produção do meio corrosivo, seguiu-se uma produção de uma solução simples de Cloreto de Sódio a concentração de 3,5,% (kg/kg), a mesma encontrada na água marinha. A massa aferida e depois solubilizada em um balão volumétrico de 500 ml correu conforme o esperado.

Os corpos de prova que seriam utilizados são compostos de alumínio e para garantir que a tinta estaria aderida ao alumínio diretamente e não ao óxido de alumínio que ocorre naturalmente em superfícies em contato com o ar atmosférico, os corpos de prova passaram por um processo de lixamento com diferentes granulações em lixa d'água.

Durante todo processo de lixamento os corpos de prova foram lavados com água destilada e passaram por etapas com lixas com granulometria cada vez menos, ou seja, lixas de valor numérico maior. Sendo que, em cada face dos 15 corpos de prova, o processo de lixamento ocorreu durante dois minutos com lavagem frequente em água destilada.

Todos os corpos de prova passaram pelas lixas de granulometria 400, depois a de 500, depois a de 600, depois a de 800 e por fim a de granulometria 1200. A preparação dos corpos de prova seguiu conforme o planejado.

Os corpos de prova, que são compostos por alumínio, quando expostos a meios corrosivos, como a água marinha ou até mesmo a maresia, apresentam pontos de corrosão, o que, a longo prazo, pode levar a danos mais intensos nos materiais e conseqüentemente a falhas estruturais. Conforme demonstrado por DA LUZ (2018):

O alumínio tem tendência a ter ataques localizados, os chamados pites, quando expostos em zonas costeiras, devido ao seu caráter higroscópico dos íons de cloreto. E foi comprovado que o corpo de prova exposto no litoral sofreu um ataque por pites, enquanto que a chapa de alumínio exposta na serra catarinense obteve uma ótima resistência ao processo corrosivo. Abaixo segue fotos do monitoramento destes materiais.

Dessa maneira é possível afirmar que adição de inibidores de corrosão a tinta que revestiria os corpos de prova, teria ação direta nesses pontos de corrosão.

“Além disso foi possível constatar, que dentre as condições climáticas analisadas a temperatura foi a variável com maior influência no processo corrosivo, entretanto outro fato importante é que a oxidação causada pela água do mar, provoca a corrosão de forma muito mais acelerada nas proximidades do litoral. Onde é possível afirmar que a maresia é a ação oxidante da água do mar em razão das substâncias nela dissolvidas que devido a ação do vento e de outras condições ambientais, as partículas de água do mar se espalham, entrando em contato com objetos metálicos que são corroídos e esse processo é acelerado pela presença dos íons na água do mar e nos evaporitos, com isso os íons fazem uma ponte salina,

o que possibilita o fenômeno de oxirredução de forma muito mais acelerada em regiões costeiras.” DA LUZ (2018).

Ainda sobre o material dos corpos de prova, por se tratar do alumínio, um metal paramagnético, a pintura sobre esses corpos deve adotar uma abordagem diferente da pintura comum. A pintura eletrostática que hoje é utilizada em diversos setores, como demonstrado por FERREIRA et al. (2019), ou por por BALDIN (2013), que tratam do recobrimento de estruturas com a técnica de pintura eletrostática que podem também ser utilizada neste caso, por se tratar de na composição da tinta conter as Nanopartículas Magnéticas e pelo fato do alumínio ser paramagnético e poder se tornar um ímã na presença de corrente elétrica.

4 CONCLUSÃO

Com o objetivo de proporcionar maior durabilidade a peças metálicas e, no caso deste estudo, os de alumínio é possível concluir, dadas os testes e as discussões acerca do tema que, a síntese final de uma tinta contendo as Nanopartículas Magnéticas de Magnetita, as Nanopartículas de Sílica que serviriam como Nanocontêineres para o inibidor de corrosão a base de aminas primárias, junto ao Verniz a base de Poliestireno Expandido, por proporcionar proteção contra os efeitos da maresia e até mesmo da água marinha.

Dentro desse aspecto vale ressaltar que, as concentrações dessas nanoestruturas devem ser estudadas mais profundamente, buscando sempre a melhor eficiência na questão das suas proporcionalidades em relação a porção de tinta a ser preparada.

As técnicas apresentadas para sintetizar as Nanopartículas, no caso as Magnéticas, apresentam eficácia comprovada pelos testes realizados. Já no caso das Nanopartículas de Sílica, retornando para a literatura de que, a melhor opção para essa síntese é a utilização do tetraetoxisilano e que, essas estruturas são capazes de absorver componentes anticorrosivos.

De maneira geral, a síntese final da tinta a ser estudada tem forte embasamento teórico e em testes práticos quanto a eficiência de seus componentes e a capacidade de proteger peças metálicas, dos mais diversos tipos, contra a ação de oxidação causado pela água salina e pelo efeito de maresias.

REFERÊNCIAS

AMIANTI, Marcelo. **Uso e aplicação do poliestireno expandido (EPS) reciclado para impermeabilização por impregnação de superfícies de concreto pré-fabricado.** 2005.

BACELAR, Bruna S.; RENZANO, Eduardo C.; BEATI, André Augusto Gutierrez Fernandes. **INCORPORAÇÃO DO ISOPOR COMO MATÉRIA-PRIMA DE VERNIZ PARA BASE DE TINTA.** 2017.

BALDIN, Estela Knopp Kerstner. Pré-tratamento do aço carbono AISI 1010 com revestimentos nanocerâmicos para pintura eletrostática à base de resina de poliéster. 2013.

BARCELLOS, Geórgia Schiller; SCHWADE, Paula Vieira; DA SILVA, Schana Andréia. **Tinta à base de poliestireno expandido.** Revista Liberato, v. 14, n. 22, p. 163-170, 2013.

BRANCO, Rogério Mendes et al. Nanopartículas magnéticas obtidas por coprecipitação homogênea sonoquimicamente assistida. 2013.

COELHO, Caio Pinola et al. **REUTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO NA PRODUÇÃO DE IMPERMEABILIZANTE E ADITIVO PARA TINTAS.** Etec Conselho Antonio Prado - ETECAP. 2014.

CUNHA, Jamili Altoé da. **Encapsulamento de nanopartículas magnéticas e curcumina em sílica visando aplicações biomédicas.** 2018.

DA LUZ, Ederson Gean. **MONITORAMENTO DA CORROSÃO NO AÇO CARBONO SAE 1020, AÇO GALVANIZADO, ALUMÍNIO E COBRE, CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS SERRANAS E LITORÂNEAS DE SANTA CATARINA.** CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST. 2018.

FERREIRA, Maurício Ionak; VOGLER, Daniel Tarnoski; DA SILVA, Mayara Cristina Ghedini. **BENEFÍCIOS DO PROCESSO DE PINTURA ELETROSTÁTICA EM ESTRUTURAS METÁLICAS COMO FORMA DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL.** *Anais da Jornada Científica dos Campos Gerais*, v. 17, 2019.

FERREIRA, Odair Pastor. Nanotubos de carbono: preparação e caracterização. **Monografia apresentada como Exame de Qualificação de Doutorado do IQ-Unicamp,** 2003.

FRANCISQUINE, E.; SCHOENMAKER, Jeroen; SOUZA, José Antonio. Nanopartículas magnéticas e suas aplicações. **Química Supramolecular e Nanotecnologia**, p. 269, 2014.

IMIANOWSKY, Guilherme Wanka; WALENDOWSKY, Marcus Alberto. **Os principais aços carbono utilizados na construção civil.** Conselho regional de engenharia e arquitetura de Santa Catarina, Santa Catarina, p. 2-21, 2017.

LU, An-Hui; SALABAS, E. emsp14L; SCHÜTH, Ferdi. Magnetic nanoparticles: synthesis, protection, functionalization, and application. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 46, n. 8, p. 1222-1244, 2007.

MARTINS, Pedro Manuel Abreu. **Produção e caracterização de nanopartículas magnéticas para aplicação biotecnológica**. Tese (Mestrado em Micro e Nanotecnologias. Universidade do Minho. Braga, Portugal. 2011.

MOJIĆ, Bojana et al. Silica coated ferrite nanoparticles: **Influence of citrate functionalization procedure on final particle morphology**. *Ceramics International*, v. 38, n. 8, p. 6635-6641, 2012.

Nanopartículas produzidas em escala industrial podem ter aplicação em diversos setores. FAPESP Pesquisa para Inovação.03 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://pesquisapara inovacao.fapesp.br/nanoparticulas_produzidas_em_escal_a_industrial_podem_ter_a_aplicacao_em_diversos_setores/140>. Acesso em: 28 Fev. 2020.

NGUYEN, Tuan Anh; ASSADI, Aymen Amine. Smart Nanocontainers: Preparation, Loading/Release Processes and Applications. **Kenkyu Journal of Nanotechnology and Nanoscience**, v. 4, p. 1-6, 2018.

Reciclagem. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/7656-reciclagem>>. Acesso em: 07 Mar. 2020.

SCHNEIDER, Gabriela Olsson et al. **Produção de tinta com resíduos de casca de laranja e poliestireno expandido (EPS)**. In: Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais. 2017.

SILVA, Brunela P.; AOKIB, Idalina V. **Estudo de nanopartículas de sílica para encapsulamento de inibidor de corrosão**. 2018.

Technical data for Aluminium. Disponível em: <https://periodictable.com/Elements/013/dara.wt.html>. Acesso em: 26 Jul. 2021.

YOVAL, Luciano Sandoval et al. **Potencial zeta como una herramienta para determinar la aglomeración de las partículas en la reducción del volumen del lodo a disponer**. Instituto Mexicano de tecnología del Agua. Disponível em [www. bvsde. paho. org/bvsaidis/tratagua/mexicon](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon), 2013.



SEGURANÇA NO TRABALHO RURAL: RISCOS DE ACIDENTES NO TRABALHO EM SEGMENTO AGRÍCOLA

Adércio Ferreira Rodrigues

Faculdade Terra Nordeste, Caucaia - CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9462835585322648>

Luís de França Camboim Neto

Universidade federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8088-6208>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8798851810906877>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

08/10/2021

Aceito em:

11/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Segurança do trabalho

Rural

Risco de acidente

RESUMO

Sabe-se que a segurança no trabalho rural atua na prevenção de riscos ocupacionais visando proteger e melhorar qualidade de vida aos trabalhadores que desempenham atividades laborais em ambientes rurais e elaborar plano de cuidados com o objetivo de evitar acidentes no trabalho, com a progressão da atividade rural por conta das inovações e evoluções expressivas nos maquinários, contudo requer avaliação dos riscos de acidente ao qual estes trabalhadores estão expostos. Neste contexto surgiu o interesse de efetuar pesquisa sobre a atuação da segurança do trabalho no meio rural e os riscos de acidentes no campo com destaque no âmbito agrícola. O presente estudo objetivou evidenciar a atuação da Engenharia de Segurança do Trabalho Rural e visa também compreender a normatização do trabalho rural com ênfase na prevenção do acidente no trabalho, por meio de revisão de literatura nacional científica.

SAFETY IN RURAL WORK: RISK OF WORK ACCIDENTS IN THE AGRICULTURAL SEGMENT

ABSTRACT

It is known that safety in rural work acts in the prevention of occupational risks aimed at protecting and better quality of life for workers who perform work activities in rural environments and to develop a care plan with the objective of avoiding accidents at work, with the progression of rural activity due to innovations and significant developments in machinery, however it requires assessment of the risks of accidents to which these workers are exposed. In this context, the interest arose to carry out research on the performance of occupational safety in rural areas and the risks of accidents in the field, especially in the agricultural field. The present study aimed to highlight the performance of rural labor safety engineering and also aims to understand the standardization

Keywords:
Job Security
Rural
Risks of accident

of rural work with emphasis on the prevention of accidents at work, through a review of national scientific literature.

1 INTRODUÇÃO

A segurança no trabalho rural atua na prevenção de doenças e acidentes laborais, visando proteger e minimizar os riscos ocupacionais e melhor qualidade de vida aos trabalhadores que desempenham atividades em ambientes rurais e elaborar plano de cuidados com medidas que venham a proteger a integridade e a capacidade funcional do trabalhador e com o objetivo de evitar acidentes no trabalho.

Sobre a descrição do termo trabalho, Oliveira, Balduino e Santos (2017), explanam que: “Tem-se por definição de trabalho o conjunto de atividades, produtivas ou criativas, que o homem exerce para atingir determinado fim, sendo essas atividades profissionais, regulares, remuneradas ou assalariadas.”

O trabalho agrícola possui um grande número de atividades diversificadas, que vão desde a limpeza e a preparação do solo para o plantio, como as operações de manejo da cultura, colheita, transporte e armazenamento, sendo operadas por ferramentas manuais, máquinas, implementos, veículos, produtos químicos e substâncias inflamáveis (ACOSTA, 2015).

O avanço da atividade agrícola busca melhorar a capacidade laboral, assim afirma Baesso (2018) que o contínuo progresso da agricultura está diretamente ligado ao desenvolvimento de tecnologias que promovam mudanças eficazes nos processos de produção agrícola. A mecanização agrícola tem como seus principais objetivos o aumento da produtividade no campo, a melhoria da qualidade das operações e o bem-estar do operador.

Com a segurança e a saúde do trabalhador rural, visa-se minimizar acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, além de proteger sua integridade e capacidade laboral (OLIVEIRA; BALDUINO; SANTOS, 2017).

Segundo Barth (2018): riscos de acidentes são todos aqueles que estão relacionados a máquinas, equipamentos, ou implementos sem proteção, ferramentas mal manuseadas ou ainda arranjo físico inadequado que ofereça risco. Tais acidentes podem estar

correlacionados desde uma pequena queda de nível, até mesmo a um acidente fatal envolvendo incêndios, quedas do mesmo nível ou maquinários agrícolas.

Entre as principais causas de acidentes rurais, destacam-se: falta de condições mínimas de segurança na plataforma de operação, condições de trabalho insalubres, ausência de equipamentos de proteção individual, manuseio incorreto de ferramentas, intoxicação por fitossanitários, operação inadequada de máquinas e implementos agrícolas, jornada semanal de trabalho com mais de 48 horas, falta de atenção dos trabalhadores, falhas mecânicas dos equipamentos (sinalização, sistemas de freio e direção) e operações em condições inadequadas (terrenos com declive superior ao limite do trator), entre outras (SILVEIRA *et al.*, 2005).

Para Fehlberg, Santos e Tomasi (2001) na zona rural, os acidentes são mais graves, pois as pessoas trabalham por conta própria e sem carteira assinada e raramente registram a ocorrência de acidentes. Os trabalhadores rurais estão constantemente expostos a inúmeros agentes que podem causar acidentes, como máquinas e implementos agrícolas, ferramentas manuais, agrotóxicos, animais domésticos e animais peçonhentos. Além disso, outros fatores que poderiam ser associados aos acidentes, como a ocorrência de eventos estressantes, apresentam frequência relativamente elevada na população economicamente ativa. A necessidade do aumento da produção de alimentos e a desvalorização dos produtos primários comercializados na propriedade, agravadas pelo aumento do custo de produção, têm levado à necessidade de uma maior jornada de trabalho no campo. Esse fato, potencialmente, pode contribuir para o aumento da ocorrência de acidentes.

Quanto ao risco de acidente no meio agrícola, Moreira e Pancotti (2016), destacam que: “O uso inadequado e despreparado de maquinários também vem sendo um grande risco para a ocorrência de acidentes no meio rural.”

Evidencia-se que no Brasil há falta de informações precisas sobre o número de acidentes que ocorrem no exercício do trabalho rural. Ainda existe o fato de que as subnotificações de acidentes, especialmente no meio rural, são comuns mesmo sendo o CAT uma exigência legal (MARQUES; SILVA, 2003).

Os operadores de tratores agrícolas estão expostos a uma determinada carga física e, neste caso, também mental, pois a operação de um trator exige o controle simultâneo de diversas variáveis referentes ao trabalho. O esforço físico e mental leva à fadiga, o que diminui a capacidade de concentração do operador, aumentando, em consequência, a ocorrência de acidentes de trabalho, que podem resultar em erros (MARTINS; FERREIRA, 2015).

Ao iniciar qualquer atividade, os trabalhadores deveriam receber formação apropriada para a função desempenhada, o que garantiria as condições de desempenho da atividade para qual estão sendo contratado, sem a sua saúde e a dos demais trabalhadores. O empregador e o empregado devem zelar pela preservação física no exercício de suas tarefas, realizando-as somente em condições seguras (CERVI, 2015).

Os são eventos que ocorrem num determinado tempo e espaço ou seja, possuem um contexto histórico que, a nosso ver, se encontram interligados com as características dos processos de trabalho e das condições dos ambientes laborais (BENATTI, 2016)

2 SEGURANÇA NO TRABALHO RURAL

Para cada atividade econômica registrada foi implementada as leis trabalhistas e normas correlatas que instruir os empregados e empregadores com disposição e aplicação de técnicas com os objetivos de caracterizar o grupo econômico e preservar e promover a integridade física do trabalhador.

Em 1943, ano do advento da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), o Brasil era um país essencialmente agrário. A maior parte de sua população vivia no campo, e sua economia dependia quase que integralmente do esforço agrícola. Não obstante esta realidade, o capítulo VII da primeira redação da CLT excluía categoricamente o trabalhador rural da aplicação de seus preceitos, conferindo-lhe tratamento diferenciado em relação ao trabalhador urbano (BRASIL, 2020).

Sobre medidas de saúde e segurança adotadas como regra nas atividades no campo, Oliveira, Balduino e Santos (2017), salientam que: com a segurança e a saúde do trabalhador rural, visa-se minimizar acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, além de proteger sua integridade e capacidade laboral. No processo de modernização da agricultura, deve-se atentar para a capacitação e o treinamento do trabalhador rural. Os prejuízos causados pelo manuseio e uso inadequados de maquinários e defensivos ganharam dimensão social, uma vez que, ao prejudicar a saúde humana, demandam recursos governamentais e privados para o atendimento médico.

As normas regulamentadoras do trabalho é o conjunto de disposições e procedimentos técnicos relacionado à saúde e segurança do trabalho, foi criada pelo Ministério do Trabalho, visando seu cumprimento com a finalidade de promover a política de segurança e saúde do trabalhador.

A Norma Regulamentadora de número 31 (trinta e um), trata de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária silvicultura, exploração florestal e aquicultura, (BRASIL, 2005), determina em seu objetivo que esta Norma Regulamentadora tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho.

Nesse enfoque destaca-se o Serviço Especializado em Segurança e Saúde no Trabalho Rural (SESTR):

O SESTR, composto por profissionais especializados, consiste em um serviço destinado ao desenvolvimento de ações técnicas, integradas às práticas de gestão de segurança, saúde e meio ambiente de trabalho, para tornar o ambiente de trabalho compatível com a *promoção* da segurança e saúde e a preservação da integridade física do trabalhador rural.

SESTR é composto pelos seguintes profissionais legalmente habilitados:

a) de nível superior:

- 1 Engenheiro de Segurança do Trabalho;
- 2 Médico do Trabalho;
- 3 Enfermeiro do Trabalho.

b) de nível médio:

- 1 Técnico de Segurança do Trabalho;
- 2 Auxiliar de Enfermagem do Trabalho.

3 TRABALHO RURAL E ATIVIDADES NO RAMO AGRÍCOLA

Sabe-se que o trabalho evoluiu com a humanidade e faz parte da vida do homem desde os tempos remotos, conforme Cruz (2012), na seguinte afirmativa que do ponto de vista ontológico, é o trabalho que particulariza o homem como ser social. Esse deve ser compreendido, cada vez menos, como uma atividade restrita à produção material para atendimento das necessidades humanas, uma vez que com a complexificação das sociedades, o trabalho abrange também as relações sociais e seus modos de organização.

Sobre a atuação do trabalho rural e a atividade agrícola, Espíndola e Souza (2018) salienta que: à medida que o trabalhador está inserido no contexto organizacional do seu ambiente ocupacional, esse está sujeito a diferentes variáveis que afetam a sua condição de vida e saúde. Ainda sobre a exposição ocupacional, o autor enfatiza que, o uso indiscriminado dos agrotóxicos ocasiona danos tanto ao meio ambiente, quanto aos indivíduos envolvidos nesse contexto, aumentando as chances de adoecimento desses, devido ao seu elevado grau de toxicidade.

Para Oliveira, Balduino e Santos (2017) trabalho é o conjunto de atividades exercidas pelo homem para determinado fim, sendo atividades profissionais, regulares, remuneradas ou assalariadas. Emprego é um fato jurídico, quando um indivíduo presta serviço a uma outra pessoa de forma subordinada, pessoal, não eventual e onerosa.

A atividade rural é uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil e pouco compreendida por trata-se de uma categoria atuante em um ramo diferenciado, nesse enfoque, Moreira e Pancotti (2016), destacam que o trabalho rural é uma das formas mais antigas de fixação do homem na terra, afastando-se o nomadismo e a atividade de caça e pesca que caracterizava a sua sobrevivência até então. Para o seu próprio sustento e também de sua família, o homem voltou-se as atividades agrícolas.

Segundo Delgado (2014, p. 405), o campo não foi incluído no processo de organização do mercado de trabalho e do próprio modelo justabalhista inaugurado, no país, entre 1930 e 1945. O tipo de pacto político que respondia pelo novo bloco de poder instituído com a chamada Revolução de 30 assegurou, pelo menos durante uma longa fase (que remonta à abolição da escravatura, estendendo-se ao início da década de 1960), a permanência do império quase absoluto do poder rural na regência das relações de trabalho pactuadas no setor agrário brasileiro.

Empregado rural entende-se por toda pessoa que trabalha para o empregador rural habitualmente e mediante salário, ou como se apresenta no texto da lei 5.889/73, “é toda pessoa física que, em propriedade rural ou prédio rústico, presta serviços de natureza não eventual à empresa rural, sob a dependência deste e mediante salário”. Empregador rural O artigo 3º da Lei n. 5889/73 define que empregador rural é – a pessoa física ou jurídica, proprietária ou não, que explore atividade, agro econômica, em caráter permanente ou temporário, diretamente ou através de prepostos com o auxílio de empregado.

O trabalhador rural está diariamente exposto a vários perigos de acidentes no seu ambiente de trabalho, não basta apenas ter cuidado, tem que se precaver, utilizando os equipamentos necessários ao bom desempenho no trabalho e a inexistência de acidentes seja por contaminação no manuseio de materiais tóxicos ou equipamentos. As transformações que vem ocorrendo no universo laboral, no qual os trabalhadores estão expostos a inúmeras organizações e condições de trabalho, muitas vezes precárias e além da capacidade humana, deixando o trabalhador ainda mais vulnerável ao acidente de trabalho e a doença ocupacional. Grande parte dos trabalhadores rurais desenvolvem atividades arriscadas e insalubres em

ambientes que propiciam diversos riscos especialmente os físicos, químicos, mecânicos, biológicos entre outros (COSTA, 2002).

Em pesquisa realizada sobre saúde do trabalhador rural e a segurança do trabalho Silva (2019) apontou que a maioria dos agricultores usam defensivos agrícolas em pequenas quantidades, não possuem depósito para armazenar as embalagens vazias, contam com assistência técnica, mas de forma precária, dentre os EPI's utilizados destaca-se: bonés, botas e luvas, embora a maioria dos trabalhadores participantes da pesquisa não usem os Equipamentos de Proteção Individual, reconhecem que o uso desses é necessário.

A agricultura é a arte de manejo e cultivo da terra e produzir o alimento e para corresponder a prática agrícola, Martins e Ferreira (2015), afirmam que a atividade agrícola é extremamente importante e também bastante complexa, podendo implicar uma diversidade de riscos de acidente e de doença ao trabalhador rural. Esses riscos estão presentes em todo o processo produtivo. A atividade agrícola também utiliza variado número de ferramentas, máquinas, implementos, produtos químicos danosos à saúde humana, entre outras substâncias que também implicam risco a seus usuários.

Com a evolução da produção agrícola para ampliar, sobretudo a produção, foram desenvolvidos maquinários e equipamentos, nesse sentido, CARONI (2015), salienta que no decorrer do tempo, com a modernização do século XX e evolução da atividade agrícola, surgiram ferramentas como leis trabalhistas, normas regulamentadoras, normas de higiene ocupacional, dentre outras. Sobretudo nos dias atuais - e de maneira extremamente rápida – fez-se extremamente necessário o desenvolvimento no maquinário e criação de equipamentos de proteção específicos, mantendo o foco tanto no trabalhador, garantindo um trabalho seguro e pouco desgastante como na atividade laboral, tornando-a cada vez mais eficiente. Assim, com projetos do teor deste é possível que os colaboradores sejam instruídos acerca da maneira mais eficiente, menos desgastante e principalmente mais segura de se operar tratores, motosserras, facões, implementos agrícolas e outros maquinários com que eles se relacionam, bem como noções gerais de saúde e segurança no ambiente em que vivem. Além disso, possibilitar que tais informações sejam ensinadas a todos que com eles convivem.

4 RISCOS DE ACIDENTES NO TRABALHO EM SEGMENTO AGRÍCOLA

Toda atividade laboral tem algum fator que coloca o trabalhador em situação vulnerável sobre este assunto, Barth (2018) afirma que riscos de acidentes são todos aqueles que estão relacionados a máquinas, equipamentos, ou implementos sem proteção,

ferramentas mal manuseadas ou ainda arranjo físico inadequado que ofereça risco. Tais acidentes podem estar correlacionados desde uma pequena queda de nível, até mesmo a um acidente fatal envolvendo incêndios, quedas do mesmo nível ou maquinários agrícolas.

Quanto aos riscos do trabalho rural Martins e Ferreira (2015), salientam que: “Os agentes de risco a que os trabalhadores rurais estão expostos se dividem em acidentes cortes e amputações decorrentes do uso de ferramentas e de máquinas em condições precárias de segurança; quedas, ataques de animais peçonhentos e domésticos; e acidentes de trajetos.”

A Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991, BRASIL (1991), dispõe sobre os planos de benefícios da previdência Social dá outras providências, sobre acidente de trabalho destaca:

Art. 19. Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

§ 1º A empresa é responsável pela adoção e uso das medidas coletivas e individuais de proteção e segurança da saúde do trabalhador.

§ 2º Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e higiene do trabalho.

§ 3º É dever da empresa prestar informações pormenorizadas sobre os riscos da operação a executar e do produto a manipular.

§ 4º O Ministério do Trabalho e da Previdência Social fiscalizará e os sindicatos e entidades representativas de classe acompanharão o fiel cumprimento do disposto nos parágrafos anteriores, conforme dispuser o Regulamento.

Em síntese, o acidente de trabalho é aquele que ocorre durante o trabalho e para caracterizar além do ato acidental é feito análises do fato e para ser determinado, que segundo Begnini (2020): É importante destacar que só é considerado acidente de trabalho, para fins de indenização, aposentadoria e afastamento, aquele caracterizado tecnicamente pela perícia médica do INSS, que fará o reconhecimento técnico do nexo causal entre acidente e a lesão; a doença e o trabalho; a causa morte e o acidente. É o perito médico que, após avaliação, decidirá se o segurado será encaminhado para retornar ao trabalho ou emitirá parecer sobre o afastamento.

Acidentes de trabalho rural são aqueles que provocam lesão corporal ou perturbação funcional, causando perda ou redução, temporária ou permanente, da capacidade para o trabalho, ou seja, cortes, contusões, membros quebrados, dores, estresse, lesões devido a problemas ergonômicos e, até mesmo, podem levar ao óbito, dependendo da gravidade. Quanto aos itens e dispositivos de segurança, estes devem integrar as máquinas desde a sua fabricação, não podendo ser considerados itens opcionais para quaisquer fins. Porém, no mercado brasileiro não existe a obrigatoriedade de inspeção de máquinas quando

estas saem das fábricas para o mercado, o que dificulta a padronização desses itens (BAESSO, 2018).

A probabilidade de acidente está relacionada com o tipo de atividade e exposição do trabalhador, portanto CERVI (2015), menciona: “O perfil dos acidentes no meio rural sofreu uma transformação com a Revolução Industrial. A chegada ao mercado de máquinas e equipamentos, e a facilidade de acesso ao crédito contribuíram para a mudança do perfil dos acidentes.”

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social: Durante o ano de 2017, foram registrados no INSS cerca de 549,4 mil acidentes do trabalho. Comparado com 2016, o número de acidentes de trabalho teve um decréscimo de 6,19%. O total de acidentes registrados com CAT diminuiu em 5,74% de 2016 para 2017. Do total de acidentes registrados com CAT, os acidentes típicos representaram 75,50%; os de trajeto 22,34% e as doenças do trabalho 2,15%. As pessoas do sexo masculino participaram com 68,88% e as pessoas do sexo feminino 31,12% nos acidentes típicos; 60,06% e 39,94% nos de trajeto; e 59,16% e 40,84% nas doenças do trabalho. Nos acidentes típicos e nos de trajeto, a faixa etária decenal com maior incidência de acidentes foi a constituída por pessoas de 25 a 34 anos com, respectivamente, 32,61% e 35,32% do total de acidentes registrados. Nas doenças de trabalho, a faixa de maior incidência foi a de 35 a 44 anos, com 34,53% do total de acidentes registrados.

Na distribuição por setor de atividade econômica, excluídos os acidentes de atividade ‘ignorada’, em 2017, o setor ‘Agropecuária’ participou com 3,43% do total de acidentes registrados com CAT, o setor ‘Indústria’ com 37,22% e o setor ‘Serviços’ com 59,35%. Nos acidentes típicos, os subsetores com maior participação nos acidentes foram ‘Saúde e serviços sociais’, com 15,86% e ‘Comércio e reparação de veículos automotores’, com 14,24% do total. Nos acidentes de trajeto, as maiores participações foram dos subsetores ‘Comércio e reparação de veículos automotores’ e ‘Serviços prestados principalmente a empresa’ com, respectivamente, 20,65% e 13,99%, do total. Nas doenças do trabalho, foram os subsetores ‘Atividades financeiras’, com participação de 19,09% e ‘Transporte, armazenagem e correios’, com 10,96%. No ano de 2017, dentre os 50 códigos de CID com maior incidência nos acidentes de trabalho, os de maior participação foram ferimento do punho e da mão (S61), fratura ao nível do punho ou da mão (S62) e Luxação, entorse e distensão das articulações e dos ligamentos ao nível do tornozelo e do pé (S93) com, respectivamente, 9,45(9,50)%, 6,27(6,28)% e 4,47(4,61)% do total. Nas doenças do

trabalho, os CID mais incidentes foram lesões no ombro (M75), Sinovite e Tenossinovite (M65) e dorsalgia (M54), com 22,56(19,27)%, 11,39(10,80)% e 6,44(6,09)%, do total.

O nexos causal é o vínculo, a ligação ou a relação de causa e efeito entre a conduta e o resultado. Com base no nexos causal pode-se concluir quem foi o causador do dano. A relação causal estabelece o vínculo entre um determinado comportamento e um evento, permitindo concluir, com base nas leis naturais, se a ação ou omissão do agente foi ou não a causa do dano (LEITE, 2014).

Com as transformações que ocorrem no mundo do trabalho e as mudanças no processo de produção nas atividades agrícolas requer agilidade e rapidez, compreende-se a necessidade de segurança no ambiente de trabalho.

A Norma Regulamentadora de número doze (12), Segurança no trabalho, máquinas e equipamentos (BRASIL, 1978), estabelece em seus princípios gerais:

Esta Norma Regulamentadora - NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo "C" harmonizadas.

A NR 12 traz consigo a importância do sistema de segurança, dispondo que nas zonas de perigo das máquinas e equipamentos deverá haver proteções fixas (que possuam uma maneira permanente e que só possa ser removida com ferramentas) bem como proteções móveis (deverá ser interligada em dispositivos intercalados e de maneira que possa ser aberta e manuseada sem ferramentas), que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores. (MOREIRA; PANCOTTI, 2016).

Para assegurar adequadas condições de trabalho, higiene e conforto no trabalho, Schlosser *et al.* (2002), sugerem que: para isso recomenda-se a adaptação do equipamento visando a maior segurança e conforto, além da aplicação de treinamentos aos colaboradores que irão operar os maquinários a fim de garantir o conhecimento mínimo sobre o manuseio e as normativas de segurança, sendo uma opção ainda pertinente a diminuição da carga horária de trabalho, visando maior disposição e atenção no desenvolvimento das atividades.

A gestão de riscos na atividade no campo abrange noções gerais de responsabilidade e competências do empregador e do empregado com relação a segurança no trabalho, a Norma Regulamentadora trinta e um (31), BRASIL (2005), determina:

Cabe ao empregador rural ou equiparado:

- b) realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados, adotar medidas de prevenção e proteção para garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam seguros e em conformidade com as normas de segurança e saúde;
- c) promover melhorias nos ambientes e nas condições de trabalho, de forma a preservar o nível de segurança e saúde dos trabalhadores;
- l) adotar medidas de avaliação e gestão dos riscos com a seguinte ordem de prioridade:
 1. eliminação dos riscos;
 2. controle de riscos na fonte;
 3. redução do risco ao mínimo através da introdução de medidas técnicas ou organizacionais e de práticas seguras inclusive através de capacitação;
 4. adoção de medidas de proteção pessoal, sem ônus para o trabalhador, de forma a complementar ou caso ainda persistam temporariamente fatores de risco.

Cabe ao trabalhador:

- a) cumprir as determinações sobre as formas seguras de desenvolver suas atividades, especialmente quanto às Ordens de Serviço para esse fim;
- b) adotar as medidas de proteção determinadas pelo empregador, em conformidade com esta Norma Regulamentadora, sob pena de constituir ato faltoso a recusa injustificada.

Promover melhorias nas condições de trabalho buscando preservar a segurança e saúde do trabalhador, cumprir e fazer cumprir as disposições legais determina a Norma Regulamentador trinta e um (31):

Gestão de Segurança, Saúde e Meio Ambiente de Trabalho Rural. Os empregadores rurais ou equiparados devem implementar ações de segurança e saúde que visem a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho na unidade de produção rural, atendendo a seguinte ordem de prioridade:

- a) eliminação de riscos através da substituição ou adequação dos processos produtivos, máquinas e equipamentos;
- b) adoção de medidas de proteção coletiva para controle dos riscos na fonte;
- c) adoção de medidas de proteção pessoal

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Importante salientar que a segurança no trabalho rural tem um papel de proteger, preservar e promover a saúde e segurança do trabalhador rural seja qual for a área de atuação e avaliar os riscos de acidente associados a atividade agrícola observáveis no desempenho da atividade laboral e destes quais lesões e ou perturbações podem causar e associar o nexo.

Diante da importância da agricultura para o setor econômico do Brasil surgiu a modernização agrícola com a utilização de equipamentos e maquinários modernos com a finalidade de agilidade na produção, contudo, esta evolução trouxe a necessidade das leis trabalhistas para estabelecer regras ditas nas Normas Regulamentadoras que rege o modo de como adotar, assegurar e garantir os procedimentos necessários para melhorias nas condições de trabalho no ambiente rural.

O acidente de trabalho é o que ocorre no exercício do trabalho a serviço da empresa e este cause danos, porém precisa ser caracterizado por um profissional competente e segurança do trabalho rural tem a responsabilidade que desenvolver medidas e um plano de ação com a finalidade de assegurar e garantir a segurança e a saúde do trabalhador rural.

Cabe relevar que a presente pesquisa notabilizou que, a tecnologia nos maquinários agrícola corrobora para o crescimento da produção rural no Brasil, contudo o avance na atividade laboral exige mão de obra especializada para atuar no campo, e estes trabalhadores se coloca em situação de risco de acidente que necessita de adoção de medidas preventivas, orientação sobre a atividade segura e organização do ambiente de trabalho. Logo, a atuação do profissional de segurança do trabalho rural é de suma importância, pois visa proteger, promover e garantir a saúde e a segurança do trabalhador do campo pois também faz parte da modernização do avanço campino na agricultura e tem o controle do desempenho do ambiente de trabalho seguro e eficiente.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, E. M. **Gestão de riscos ocupacionais do setor agrícola no município de Chapecó-Diagnóstico**. 2015. 35 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Chapecó (SC): Universidade do Oeste de Santa Catarina; 2015. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Monografia-Elizangele-Menusi.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

BAESSO, M. M.; MODOLO, A. J. BAESSO, R. C. E; TROGELLOET, E. **Segurança no uso de máquinas agrícolas: avaliação de riscos de acidentes no trabalho rural/SAFETY IN THE USE OF AGRICULTURAL MACHINES: EVALUATION OF RISK OF ACCIDENTS IN RURAL WORK**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 12, n. 1, p. 101-109, 2018. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/download/622/361>. Acesso em: 16 out. 2020.

BARTH, H. **Estudo de caso em relação aos riscos do trabalho rural em uma chácara no município de Castro -PR.** 2018.42f. Monografia de Pós-Graduação da Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho-Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15223/1/CT_CEEEST_XXXV_2018_18.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

BEGNINI, S.; ALMEIDA, L. E. D. F. **Acidentes de trabalho no meio rural: perfil do trabalhador acidentado em Santa Catarina.** Revista Eletrônica Gestão e Saúde, n. 3, p. 2538-2552, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5555845.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 8.213. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.** Brasília, DF, 24 de Julho de 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18213cons.htm. Acesso em: 16 out. 2020.

_____. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 5.889. Estatui normas reguladoras do trabalho rural.** Brasília, DF, 08 de Junho de 1973. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L5889.htm. Acesso em: 16 out. 2020.

_____. Ministério da Economia. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. **Aprova a Norma Regulamentadora de Segurança no Trabalho de máquinas e Equipamentos.** Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-12.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

_____. Ministério da Economia. Inspeção do Trabalho. **Norma Regulamentadora Nº 31 (NR 31).** 2020. Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-31?view=default>. Acesso em: 16 out. 2020.

_____. Ministério da Economia. Portaria nº 86, de 03 de março de 2005. **Aprova a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura.** Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_Legislacao/SST_Legislacao_Portarias_2005/Portaria-n--86-NR-31_-Rural.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

_____. Ministério da fazenda. Secretaria de previdência. **Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS.** 2017. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2019/04/AEPS-2017-abril.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

CARONI, L. M.; SANTOS, J. E. G. Extensão no Ambiente Rural: Treinamento de Segurança Operacional de Máquinas Agrícolas. **RAÍZES E RUMOS**, v. 2, n. 2, p. 5, 2015. Disponível em: <http://200.156.24.158/index.php/raizeserumos/article/viewFile/5260/4776>. Acesso em: 16 out. 2020.

CERVI, M. L. **Os acidentes do trabalho e as doenças ocupacionais no meio ambiente rural e seus impactos judiciais trabalhistas.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria- RS. 2018. Disponível em:

<https://portal.ufsm.br/biblioteca//pesquisa/registroBibliografico.html?numeroControle=00084195>. Acesso em: 16 out. 2020.

COSTA, I. B. COSTA, I. B. **Inovações tecnológicas e organizacionais**: história de vida e trabalho. *In: Jornada de Internacional de políticas Públicas*, 4. 2002, . Fortaleza, 2002, São Luiz-Maranhão, 25 a 28/09. Disponível em: <file:///C:/Users/not/Downloads/inovacoes-tecnologicas-e-organizacionais.pdf>. Acesso em: 16 out; 2020

CRUZ, S. S. da. O fenômeno da pluriatividade no meio rural: atividade agrícola de base família. **Serv. Soc. Soc.**, São Paulo, n. 110, p. 241-269, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ssoc/n110/a03n110.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

ESPÍNDOLA, M. M. M.; SOUZA, C. D. F. de **Trabalhador rural: o agrotóxico e sua influência na saúde humana**. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 15, n. 2, p. 871-880, 2018. Disponível em http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/viewFile/3897/pdf_749. Acesso em: 16 out. 2020.

FEHLBERG, M. F.; SANTOS, I.; TOMASI, E. Prevalência e fatores associados a acidentes de trabalho em zona rural. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35(3): 269-275, 2001. Disponível em: file:///C:/Users/not/Downloads/Prevalencia_e_fatores_associados_a_acidentes_de_tr.p df. Acesso em: 16 out. 2020.

LEITE, G. Apontamentos sobre nexos causal. **Revista Âmbito Jurídico**. 2014. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-civil/apontamentos-sobre-o-nexo-causal/>. Acesso em: 16 out. 2020.

MARQUES, S.M.T; SILVA, G.P. Trabalho e acidentes no meio rural do Oeste Catarinense. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, 2003;28(107/108):101-105. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbso/v28n107-108/09.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

MARTINS, A. J.; FERREIRA, N. S. **A ERGONOMIA NO TRABALHO RURAL**. Disponível em: <http://atualizarevista.com.br/wp-content/uploads/2015/07/A-ergonomia-no-trabalho-rural-v.2-n.2.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

MOREIRA, I. C.; PANCOTTI, L. G. B. **Condições ambientais do trabalhador rural**. 2016. Disponível em: <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/523>. Acesso em: 16 out. 2020. Acesso em: 16 out. 2020.

OLIVEIRA, T. C.; BALDUINO, F. B.; SANTOS, F. A. dos. **Direitos e deveres trabalhistas**. In: BREGAGNOLI, M.; RIBEIRO NETO, J. F.(Orgs.). **Café nas montanhas**: caracterização da cafeicultura na área de atuação da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2017. 172 p.: il.: graf. Disponível em: https://portal.ifsuldeminas.edu.br/images/PDFs/proex/publicacoes_livros/Caf-nas-Montanhas.compressed.pdf. Acesso em: 15 out. 2019.

SILVA, R. C. A. **A saúde do trabalhador rural e a segurança do trabalho**: um estudo de caso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2019. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br/jspui/bitstream/prefix/541/1/PDF%20-%20RONNY%20CAIADO%20AZEVEDO.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

SILVEIRA, C. A., ROBAZZI, M. L. C. C., MARZIALE, M. H. P.; DALRI, M. C. B. Acidentes de trabalho entre trabalhadores rurais e da agropecuária identificados através de registros hospitalares. **Ciência, Cuidado e Saúde**, 4(2), 120-128, 2005. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CiencCuidSaude/article/view/5221/3366>. Acesso em: 16 out. 2020.



AVALIAÇÃO DE RUÍDO E SUA RELAÇÃO COM OS BENEFÍCIOS DA INSALUBRIDADE E PREVIDÊNCIA SOCIAL

Antonio Taumaturgo Meireles de Sousa Neto

Faculdade Terra Nordeste, Caucaia - CE

<http://lattes.cnpq.br/057964922143539>

João Edivan Menezes Teixeira

Faculdade Terra Nordeste, Caucaia - CE

Francisco Leandro Barbosa da Silva

Instituto Federal de Educação do Ceará - IFCE, Maracanaú - CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6992710861161584>

Luís de França Camboim Neto

Universidade federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8088-6208>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8798851810906877>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

08/10/2021

Aceito em:

11/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Segurança do trabalho

Insalubridade

Previdência social

RESUMO

Assim como todas as doenças do trabalho o ruído é sem dúvida uma das mais presentes e danosas a saúde do trabalhador. Por meio de observação dos danos causados a saúde do colaborador entendemos que meios de contenção e mitigação são primícias para diminuir o risco de danos permanentes e o aumento dos casos de aposentadoria especial. Na NR15 (Norma Regulamentadora 15) podemos observar o que é considerado insalubre com uma visão técnica e aceitável em caso de perícia para o recebimento do adicional por insalubridade que pode variar de 20% a 40% beneficiando o trabalhador. Foram revisados temas como: Definição de ruído, efeito do ruído, perda auditiva, ruídos ocupacionais (intermitente, contínuo e de impacto), saúde ocupacional, EPI, a importância e os tipos de EPIs, atenuação do ruído, aposentadoria especial, PPP (Perfil Profissiográfico Previdenciário) e suas especificações, avaliação dos riscos, principais aspectos de avaliação dos riscos, medidas de prevenção, adoção de medidas a controlar e prevenir riscos, principais aspectos de prevenção de risco e a consulta a NHO 01 (Norma de Higiene Ocupacional) que traz uma visão internacional e atualizada da aplicação dos regulamentos relacionados a segurança do trabalho. Entendemos que as avaliações aqui observadas buscam manter a integridade física e psicológica do trabalhador por meio da aplicação de métodos e medidas que buscam diminuir os riscos que fazem do ruído uma severa condição para quem é exposto a ele.

NOISE ASSESSMENT AND ITS RELATIONSHIP TO THE BENEFITS OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY

ABSTRACT

Like all occupational illnesses, noise is undoubtedly one of the most present and harmful to the worker's health. By observing the damage caused to the employee's health we understand that means of containment and mitigation are the first to reduce the risk of permanent damage and the increase in cases of special retirement. In NR15 (Regulatory Standard 15) we can observe what is considered unhealthy with a technical view and acceptable in case of expertise to receive the additional for unhealthiness that can vary from 20% to 40% benefiting the worker. We have reviewed topics such as: Definition of noise, noise effect, hearing loss, occupational noise (intermittent, continuous and impact), occupational health, PPE, the importance and types of PPE, noise mitigation, special retirement, PPP (Professional Social Security Profile) and its specifications, risk assessment, main aspects of risk assessment, prevention measures, adoption of measures to control and prevent risks, main aspects of risk prevention and consultation with NHO 01 (Occupational Hygiene Standard) that brings an international and updated view of the application of regulations related to work safety. We understand that the evaluations observed here seek to maintain the physical and psychological integrity of the worker through the application of methods and measures that seek to reduce the risks that make noise a severe condition for those exposed to it.

Keywords:

Safety at Work

Insalubrity

Social Security

1 INTRODUÇÃO

A saúde do trabalhador já vem sendo monitorada a um certo tempo, por sua vez foram identificadas inúmeras doenças das, mas variadas causas, que afetam a produtividade, o relacionamento interpessoal e diretamente a integridade física e cognitiva do trabalhador. As mais comuns são, DORT (Distúrbios Osteomusculares Relacionado ao Trabalho), LER (Lesão por Esforço Repetitivo), psicossomáticas e lesões causadas por exposição à radiação, temperatura, ruído, vibração e má postura.

Devido a exposição aos mais diversos tipos de ruídos na maioria das atividades desenvolvidas pelo homem, a partir de determinados níveis podem acabar provocando danos ao sistema auditivo (Tabela 1). Além do que, quando expostos a níveis durante longos períodos pode ocasionar outras implicações ao corpo, sendo estas, problema ao sistema cardiovascular, ansiedade, nervosismo, impotência sexual, cansaço, estresse, dentre outras complicações.

Tabela 1 - Limite de tolerancia para ruído

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: adaptada da NR-15.

A Norma Regulamentadora (NR 15) trabalha com as atividades e operações insalubres, nela estão representados os limites de tolerância referente a frequência do ruído e ao tempo de exposição do trabalhador. Através do cálculo da exposição diária, podemos definir a porcentagem de ruído a qual o trabalhador está sendo exposto, assim definindo o grau de insalubridade, conforme Eq. (1).

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} \dots + \frac{C_N}{T_N} \quad \text{Eq. (1)}$$

Exposição diária

Fonte: adaptada da NR-15

Na tabela 2, podemos observar alguns referenciais de tempo de exposição do trabalhador ao ruído na execução de suas respectivas funções.

Os níveis de insalubridade estão divididos em máximo que é equivalente ao acréscimo de 40%, médio que equivale 20% e mínimo que equivale a 10% tudo isso adicionado sobre o salário mínimo da região.

Tabela 2 – Limite de tolerância

Tipos de Ruído	Limite de Tolerância (NR-15)
Ruído contínuo / intermitente	85 dB (A) para 8 horas de exposição
Ruído de impacto	LT = 130 dB (linear) / dB, ccto linear e resposta de impacto. OU LT = 120 dB© (fast) / dB, ccto FAST, compensação “C”.

Fonte: adaptada da NR-15.

2 CONCEITO DE RUÍDO

O ruído pode ser definido como um tipo ou um conjunto de sons que são inconvenientes ao sistema auditivo. Com essa definição podemos dizer que não é possível classificar som e ruído somente baseado em suas características físicas. É aceitável dizer que o ruído é um fenômeno acústico audível que afeta ou pode afetar negativamente as pessoas. Os efeitos que o excesso de ruído pode causar problemas psicológicos e problemas fisiológicos (CUNHA; RESENDE, 2012).

O ruído e o som são uma combinação complexa de várias vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas, além disso, do ponto de vista pessoal, ruído ou barulho pode ser definido como um som indesejável. (SALIBA, 2015; IIDA; GUIMARÃES, 2016).

Segundo Costa (2017) o excesso de ruído dentro do ambiente de trabalho influencia a comunicação entre as pessoas, o que acaba aumentando a possibilidade de erros e acidentes ocupacionais, além da produtividade do trabalhador.

Segundo a NR15 o ruído pode ser classificado em:

- Contínuo: som que se mantém no tempo;
- Intermitente: som não contínuo, em que apresenta dissipação de pressão em seus intervalos;
- Impulsivo: som oriundo de explosões;
- Impacto: som proveniente de certas máquinas, prensa hidráulica, por exemplo.

Segundo a NHO 01 (Norma de Higiene Ocupacional) essa norma é atuante diretamente nos ruídos contínuos ou intermitentes e ruídos de impactos, que possam causar surdez parcial ou total ao trabalhador exposto a níveis excessivos de ruído:

- Ruído Contínuo ou Intermitente: todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou impulsivo; e,
- Ruído de Impacto ou Impulsivo: ruído que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo.

2.1 Efeitos do ruído

Em 2004, a Organização Mundial de Saúde (OMS) ressaltou que, dentre os efeitos do ruído, a perda auditiva é o mais conhecido e pesquisado. Porém, o efeito na audição ocorre predominantemente nas exposições continuadas a elevados níveis de pressão sonora. Desta forma, a OMS enfatiza que os efeitos não auditivos merecem uma atenção especial, pois são decorrentes de exposições não tão elevadas como as que causam a perda auditiva. Como exemplo desses efeitos ressaltam principalmente o incômodo e as alterações no sono. O incômodo é descrito como uma sensação de desconforto decorrente do ruído ambiental e pode ser relatada pelos indivíduos como queixas de irritabilidade, estresse e mal-estar. (SOUSA; FIORINI; GUZMAN, 2009).

Diversos trabalhos científicos confirmaram que a exposição excessiva ao ruído afeta, além da perda auditiva, incontáveis efeitos não auditivos. Dentre os efeitos não auditivos provocados pela exposição a elevados níveis de ruídos destacam-se perda de atenção, irritabilidade, fadiga, dores de cabeça, elevação da frequência cardíaca e pressão arterial, aumento da secreção e da mobilidade gástrica e contração muscular. Como um exemplo dessa problemática, pode-se citar o trabalho de Quick e Lapertosa (1983) que, após realizarem uma cuidadosa pesquisa, verificaram o aumento virtuoso na incidência de cefaleias, distúrbios gástricos, otalgia e nervosismo na população exposta a níveis elevados de ruído. (AMORIM; CAVALCANTE; PEREIRA, 2012).

2.2 Perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR)

PAIR é um comprometimento auditivo passível de prevenção, podendo acarretar várias alterações importantes que interferem no cotidiano das pessoas. Uma dessas alterações é a incapacidade, que se refere aos problemas auditivos, experimentados pelo indivíduo com relação à percepção da fala em ambientes ruidosos: televisão, rádio, cinema, teatro, sinais sonoros de alerta, música e sons ambientais. Outra alteração é a desvantagem, relacionada às

consequências não auditivas da perda, influenciada por fatores psicossociais e ambientais, como estresse, ansiedade, isolamento e autoimagem pobre, que vão comprometer as relações do indivíduo na família, no trabalho, prejudicando o desempenho de suas atividades da vida diária. (CUNHA; RESENDE, 2012).

Segundo a OIT (Organização Internacional do Trabalho), há mais de 140 milhões de pessoas expostas a níveis perigosos de ruído ocupacional no mundo. A PAIR (Perda Auditiva Induzida por Ruído) seria hoje a causa de perda auditiva mais evitável no mundo. Estima-se que 25% da população brasileira trabalhadora exposta ao ruído seja portadora de PAIR.

A PAIR é uma doença ocupacional muito comum, isso se dá pelo fato de o ruído ser um agente nocivo que está presente nas mais diversas áreas do trabalho, como nas atividades industriais e nas áreas de setor de serviços. Assim sendo o ruído contribui para a redução da capacidade de trabalhadores para realizar suas atividades diárias, com isso acaba comprometendo a qualidade de vida deste trabalhador e a sua produtividade.

2.3 Ruído ocupacional

O ruído ocupacional já é visto como a segunda maior causa de surdez que afeta o trabalhador no ambiente de trabalho. Além do aspecto físico, deve-se levar também em consideração os danos psicológicos e sociais. Podendo lesar órgãos auditivos, dificultar a comunicação, causar irritação e fadiga, além de diminuir o rendimento produtivo. Neste contexto o risco de lesão vai depender do nível de pressão sonora, duração, características do ruído e o quanto o indivíduo é suscetível ao ruído (MASSERA, 2015).

Em pesquisas realizadas vimos que as lesões provocadas pelo ruído ocupacional não possuem tratamento, o que acaba por serem irreversíveis. Isso se dá pelo fato de uma contusão nas células no interior da cóclea (órgão responsável pela função auditiva), comprometendo assim a função de transmitir as informações dos sons para o cérebro.

Nos primeiros contatos com o ruído ocupacional o trabalhador pode inicialmente apresentar dor de cabeça, tontura, zumbido e diminuição irreversível da audição. Na sequência o organismo vai se adaptar ao ambiente e os sintomas podem desaparecer temporariamente. No entanto com o passar dos anos, ainda estando em contato com o ruído alto e sem a proteção adequada, começará a apresentar dificuldade na audição dos sons agudos, e com a progressão da lesão deixa de ouvir adequadamente. A hipoacusia será causada pela perda progressiva da audição induzida pelo ruído, podendo levar a surdez completa (FERNANDES; MICHALOSKI, 2015).

2.4 Saúde ocupacional

Desde o período Taylorista (também conhecido por Administração Científica), a preocupação com o bem-estar e com a produtividade dos trabalhadores que realizavam os trabalhos, acabou virando um objetivo na organização do trabalho. Mas atualmente, esta preocupação tem se definido, principalmente com a admissão de normas e dispositivos legais mais rígidos de prevenção de doenças e na promoção da saúde ocupacional. Com isso, quando se fala em organização do trabalho acaba por falar das pessoas e de suas condições de vida dentro do trabalho (LOCH; CORREIA, 2004).

Segundo Silva *et al.* (2014) a exposição ao ruído se faz cada vez, mas presente no ambiente de trabalho, devido a isso acaba por surge como um problema de saúde ocupacional que está cada vez mais presente no dia a dia dos profissionais, podendo levar a perda auditiva gradual, que acaba por ser percebida pelo trabalhador apenas quando o mesmo, começa a apresentar dificuldades que podem afetar até mesmo a fala.

2.5 Equipamento de proteção individual (EPI)

A NR06 (norma regulamentadora) determina que o empregador seja responsável por adquirir o EPI apropriado de acordo com os níveis e os tipos de riscos, quando as medidas de ordem geral não apresentarem uma completa proteção contra os acidentes de trabalho ou de doenças ocupacionais. Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo instaladas, caberá ao empregador fornecer, treinar e orientar o trabalho, a fim de garantir o uso e funcionamento correto do EPI, com isso se responsabilizando ainda pela higienização e pela manutenção periódica do mesmo (BRASIL, 2012).

A simples adoção do EPI (equipamento de proteção individual) não extingue o risco de o trabalhador ter a sua capacidade auditiva reduzida, pois o nível de proteção que é alcançado com o uso do EPI, está ligado sobretudo ao nível de atenuação fornecido pelo equipamento.

2.5.1 Importância do EPI para proteção auditiva

O uso dos Equipamentos de Proteção Individual encontra-se previsto nas Leis de Consolidação do Trabalho (CLT) e regulamentado pela Norma Regulamentadora 6 do

Ministério do Trabalho e Emprego, sendo o mesmo, segundo a legislação vigente, obrigatório. A entrega destes equipamentos deve ser fornecida pelo empregador que também tem a obrigação de fiscalizar o uso por parte de seus empregados e de promover ações que conscientizem os seus trabalhadores da importância do uso dos EPIs quando estes se recusam a usar (CISZ, 2015).

Normalmente, alguns profissionais como operários, estão alocados em ambientes de trabalho que submetem a sua audição a uma série de ruídos, que acabam por comprometer a integridade do aparelho auditivo o que acaba resultando em danos sérios para o sistema auditivo que podem ser temporários ou até mesmo permanentes ao longo do tempo. Sendo assim, é importante que tanto o empregador quanto o trabalhador estejam sempre atentos a essa questão e passem a tomar medidas necessárias para impedir tal problema (EPI, 2020).

2.5.2 Tipos de EPIs auditivos

Dentre os protetores auditivos, cada um se adapta a um tipo de ambiente ou emprego, possuindo assim algumas diferenças básicas entre cada um deles, mas que influenciam bastante em suas aplicações e benefícios (EPI, 2020).

- **Protetor auricular de inserção moldável:** Este equipamento é feito com uma espuma no formato igual a de um cone arredondado, ele possui uma característica moldável, fazendo com que se adapte a quase todos os aparelhos auditivos. Estes protetores de inserção moldável são projetados especificamente para serem inseridos no canal auditivo, auxiliando assim para a redução de níveis de ruído e alguns outros sons indesejados. Com todos esses protetores devem ser usados apenas sobre a aprovação e o conhecimento dos responsáveis pelas áreas de segurança, higiene ou medicina do trabalho na empresa;
- **Abafador de ruídos:** Este equipamento é composto por duas conchas feitas totalmente de plástico, revestidas com almofadas de espumas nas bordas, proporcionando assim mais conforto no contato com a cabeça do usuário e das orelhas dentro das conchas. Este EPI deve ser higienizado frequentemente, de preferência antes de cada utilização, tanto as almofadas do exterior do aparelho quanto as espumas internas podem ser substituídas com o uso de um kit de

reposição de cada modelo, este equipamento também é projetado para proteger o sistema auditivo auxiliando assim para a redução dos níveis de ruído; e,

- **Protetor auricular de inserção pré-moldado:** Este equipamento é feito de silicone e possui um formato cônico com três flanges concêntricas, de diâmetros gradativos, dando o formato característico. Assim como os protetores tipo conchas, ele pode ser higienizado e utilizado novamente, além de ser possível transportá-lo com uma facilidade maior.

2.5.3 Atenuação do ruído

O nível de atenuação é o fator que decide a escolha do protetor auditivo a ser utilizado pelo trabalhador, seja ele abafador ou protetor auricular. Para saber qual o tipo de protetor auditivo é ideal, deve-se fazer a medição do nível de atenuação e para isso são utilizados dois métodos diferentes. (EPIs, 2018).

NRR e NRRsf são dois métodos de atenuação de ruído para protetores auditivos. Contudo estes valores não são expressos em dB, conforme a maioria dos protetores auditivos marcam em suas instruções, mas sim em índices que podem ser subtraídos diretamente do nível de exposição do trabalhado que são dados em dB (A). (EPIs, 2018).

- **NRR**→ Noise Reduction ou Nível de Redução do Ruído (NRR), testa os protetores auditivos em ouvintes bem treinados com ajuda do executor do ensaio para obter uma colocação perfeita, no entanto, com o passar dos tempos, verificou-se que os valores obtidos eram diferentes do mundo real; e,
- **NRRsf**→ Sua metodologia, baseia-se na norma ANSI S12.6 – 1997 (B), que convencionou-se usar ouvintes são experientes, sem treino e sem ajuda pelo executor do ensaio para colocação do protetor auditivo, por isso o SF, que é abreviação de Colocação Subjetiva (do inglês, Subject Fit). Com isso, os resultados obtidos se aproximam mais da “real” atenuação.

No Brasil, desde 25 de março de 2003, ficou estabelecido que os ensaios de protetores auditivos para obtenção do C.A (Certificado de Aprovação) deveriam ser

realizados de acordo com a norma ANSIS.12.6/1997 – Método B – Método do Ouvido Real – Colocação pelo Ouvinte. Desta forma, as atenuações dos protetores auditivos ensaiados seriam expressadas sem NRRsf. (EPIs, 2018).

2.6 Aposentadoria especial

O benefício previdenciário de aposentadoria especial é uma espécie de aposentadoria por tempo de contribuição, com redução do tempo de contribuição em razão do exercício de atividades consideradas prejudiciais à integridade física ou à saúde do trabalhador, através de agentes perigosos ou nocivos, podendo ser químicos, físicos ou biológicos (ALVARENGA, 2017).

Em específico a aposentadoria especial do trabalhador exposto a ruído, sofreram algumas alterações nos artigos 57 e 58 da Lei nº 8.213 (BRASIL, 1991) sofrendo alterações pela lei nº 9.032 (BRASIL, 1995) e nº 9.528 (BRASIL, 1997). Nesse período era necessário a apresentação de um LTCAT (Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho). A obrigatoriedade de apresentar o LTCAT é limitada para períodos laborados até 31 de dezembro de 2003. A partir de 1 de janeiro de 2004, é necessária apenas a apresentação do Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP). Essas regras estão previstas no artigo 258 da Instrução Normativa do INSS nº 77 de janeiro de 2015.

Após este período de adequação a especificação de 80 dB (A) passou para 90 dB (A) a ser compreendido como fator determinante para aposentadoria especial, porém novos estudos determinam que o ideal para conceder aposentadoria especial deve ser de 85 dB (A). Com isso a obrigatoriedade da apresentação do LTCAT se torna dispensável quando o agente nocivo não seja o ruído.

2.7 Perfil profissiográfico previdenciário (PPP)

O Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP) é um documento histórico laboral do trabalhador que reúne informações como dados administrativos, registros ambientais, resultados de monitoração biológica dentre outras informações, que são registradas durante todo o período em que este exerceu suas atividades na respectiva empresa. O PPP tem por objetivo primordial fornecer informações para o trabalhador quanto as condições que estes estão sendo expostos no respectivo ambiente de trabalho que se encontram, principalmente no requerimento da aposentadoria especial.

2.7.1 Quem pode assinar o PPP?

Conforme o artigo 272, parágrafo 12 da Instrução Normativa INSS/PRES nº 45, de 06 de agosto de 2010, estabelece que:

§ O PPP deverá ser assinado por representante legal da empresa, com poderes específicos outorgados por procuração, contendo a indicação dos responsáveis técnicos legalmente habilitados, por período, pelos registros ambientais e resultados de monitoração biológica, observando que esta não necessita, obrigatoriamente, ser juntada ao processo, podendo ser suprida por apresentação de declaração da empresa informando que o responsável pela assinatura do PPP está autorizado a assinar o respectivo documento.

2.7.2 Quais as Finalidades do PPP?

- Comprovar se existem condições para habilitação de benefícios e serviços previdenciários, em particular, o benefício da aposentadoria especial;
- Prover o trabalhador de meios de prova produzidos pelo empregador perante a Previdência Social, a outros órgãos públicos e aos sindicatos, de forma a garantir todo direito decorrente da relação do trabalho, seja ela individual, difuso ou coletivo;
- Prover a empresa de meios de prova produzidos em tempo real, de modo a organizar e a individualizar as informações contidas em seus diversos setores ao longo dos anos, possibilitando que a empresa evite ações judiciais indevidas relativas a seus trabalhadores; e,
- Possibilitar aos administradores públicos e privados acesso a bases de informações fidedignas, como fonte primária de informação estatística, para desenvolvimento de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como definição de políticas em saúde coletiva.

2.8 Medidas de prevenção

O ruído é um problema que está presente em vários locais de trabalho, que vão desde escritórios até fabricas, que podem ocorrer também em áreas agrícolas, dentro de

escolas, dentre outros locais. Com isso independentemente do local de trabalho, existe meios fundamentais que podem prevenir que os trabalhadores sofram qualquer tipo de dano (FACTS, 2005).

Dentre esses meios podemos citar:

- Avaliação de riscos;
- Com base nos resultados das avaliações, podem ser selecionados medidas mais eficazes de prevenir ou controlar o risco; e,
- Fazer o acompanhamento e reavaliação frequente das medidas de prevenção (Tabela 3).

Tabela 3 – Medidas de prevenção

MEDIDAS	PREVENÇÃO
Avaliações audiométricas periódicas	Avaliar a audição dos trabalhadores com equipamentos adequados no exame admissional, periódico e no demissional.
Fornecimento de equipamentos de proteção individual (EPI)	Devem ser oferecidos protetores auriculares, que podem ser, desde circum-aurais (fones), elmos ou capacetes com fones protetores, até intra-aurais (plugs de inserção de vários materiais) dependendo do ruído e do ambiente.
Educação e treinamento do funcionário	Todos devem ter o conhecimento da importância da audição e as implicações psicossociais e de trabalho das perdas auditivas induzidas pelo ruído; devem ser instruídos com relação ao uso do EPI, principalmente quanto à higiene na manipulação de protetores de inserção auricular, a fim de evitarem afecções de ouvido externo.

Fonte: adaptada da NR-7.

2.8.1 Avaliação dos riscos

O tipo de avaliação e sua profundidade devem ser determinados de acordo com a função do âmbito e da gravidade dos problemas presentes no local de trabalho, embora deva ser levada em conta a totalidade dos riscos inerentes ao ruído. Como exemplo, as formas de

como o ruído pode aumentar os riscos de acidentes em uma fábrica devem ser consideradas (FACTS, 2005).

2.8.2 Principais aspectos de uma avaliação de riscos

1. Identificar os diferentes riscos que estão relacionados com o ruído dentro da empresa, como:
 - 1.1 Se há trabalhadores expostos a níveis alto de ruído;
 - 1.2 A presença de substancias perigosas susceptíveis que podem agravar o risco de danos auditivos;
 - 1.3 Presença de atividades em que o ruído dificulta a comunicação, contribuindo assim para o aumento dos riscos de acidentes; e
 - 1.4 A natureza do ruído contribui para ocorrência de estresse no trabalho dentro da empresa.
2. Identificar quais os trabalhados que são mais afetados pelo ruído, incluindo trabalhadores temporários e por tempo parcial.
3. Avaliar as medidas já aplicadas para controlar os níveis de ruído e identificação de novas medidas a se adotarem.
4. Registro de todos os resultados obtidos na avaliação, e compartilhar dos mesmos com os trabalhadores e representantes da empresa.

2.8.3 Adoção de medidas a prevenir ou controlar os riscos

Existe uma hierarquia dentre as medidas de controle que devem ser respeitadas para que assim possa proteger a saúde e manter um ambiente seguro para o trabalhador (FACTS, 2005).

Dentre tais medidas podemos ordenar em:

1. Eliminação das fontes de ruído: a forma mais eficaz de prevenir riscos para os trabalhados, é através da eliminação das fontes de ruído, que deve sempre ser considerada quando chegar um novo equipamento no ambiente de trabalho ou na construção de novas instalações. A compra de uma política de “sem ruído ou com pouco ruído”, geralmente é uma das formas mais rentáveis de prevenir ou controlar o ruído;

2. Controle do ruído na fonte: A minimização do ruído na fonte de emissão, deve contribuir uma das principais prioridades dentro do programa de gestão do ruído e sempre advir na manutenção de tais equipamento que demonstrem excesso de ruído. Dentre do controle do ruído, existe uma série de medidas que ajudam a reduzir consideravelmente o ruído. Sendo tais medidas como:
 - 2.1 O isolamento da fonte de emissão de ruído, mediante a sua localização, encerramento em cabina insonorizada ou amortecimento das vibrações com recurso a molas metálicas ou pneumáticas;
 - 2.2. A redução na fonte ou após a emissão, com recurso a cabinas insonorizadas e barreiras, amortecedores de ruído ou silenciadores de escape, ou à redução das velocidades de corte, ventilação ou impacto;
 - 2.3 A substituição ou alteração de equipamentos ou máquinas, nomeadamente o recurso à transmissão por correias em alternativa a engenhos menos ruidosos, ou a utilização de ferramentas eléctricas em vez de ferramentas pneumáticas;
 - 2.4 A utilização de materiais mais atenuadores do ruído, como revestimentos de borracha, em silos, transportadores e vibradores; e
 - 2.5 A realização de manutenções preventivas: o desgaste das peças pode provocar a alteração dos níveis de ruído.
3. Medidas de controle coletiva: Caso o ruído não possa ser controlado na fonte, podem ser tomadas medidas alternativas no sentido de minimizar a exposição dos trabalhadores ao ruído. Estas medidas podem incluir:
 - 3.1 O local de trabalho, a absorção do som numa sala por exemplo, com um teto atenuador de som pode ter um efeito significativo em termos de redução da exposição dos trabalhadores ao ruído;
 - 3.2 Uma boa organização do trabalho por exemplo, a utilização de métodos de trabalho que exijam uma menor exposição ao ruído; e,
 - 3.3 O uso de equipamento de trabalho a forma como o equipamento de trabalho é instalado, bem como a sua localização, pode influenciar consideravelmente a exposição dos trabalhadores ao ruído.

A medida de controle, mas eficaz segundo estudos é a prevenção, sendo que a vigilância dos ambientes e das condições de trabalho em que os trabalhadores se encontram expostos é a melhor prevenção da PAIR (Perda Auditiva Induzida Pelo Ruído). Para tanto

se deve elaborar um programa de conservação auditiva, em que se inclui: avaliação do nível do ruído no ambiente; adoção e monitoramento de medidas de proteção auditivas coletivas e individuais; monitoramento ambiental, médico e audiométrico; educação e motivação (palestras informativas); acompanhamento das ações (BRASIL, 2001).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão de literatura buscou-se apresentar as opiniões e definições para melhor entendimento sobre os danos causados a saúde por meio de ruído e como isso apresentar informações relevantes sobre insalubridade (NR15) e aposentadoria especial (NHO01). Nesse sentido concluímos que o ruído é um risco em potencial para a saúde e segurança do trabalho, e sendo assim foi fundamentado na avaliação dos riscos e danos que o ruído pode apresentar ao trabalhador, pois caso não seja elaborado nenhum plano de controle ou realizado alguma medida para minimizar o ruído no ambiente de trabalho fazendo com que o trabalhador fique exposto a níveis acima de 85 dB(A).

Tal exposição permite que o trabalhador possa solicitar a aposentadoria especial depois de 25 anos de contribuição. Observou-se também com esse estudo que métodos, medidas de engenharia, medidas mitigadoras e aplicação de EPIs devem ser usados para a proteção da integridade física e psicológica do trabalhador como também a avaliação da insalubridade e a relação com a previdência social.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Rúbia Zanotelli, Aposentadoria Especial. **Âmbito Jurídico**, 2017. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-previdenciario/aposentadoria-especial/#:~:text=O%20benef%C3%ADcio%20previdenci%C3%A1rio%20de%20aposentadoria,ou%20nocivos%2C%20podendo%20ser%20qu%C3%ADmicos%2C>. Acesso em: 30 ago. 2020.

AMORIN, R. G. G.; CAVALCANTE, A. F. L.; PEREIRA, S. P. A.. ANÁLISE DO RUÍDO EM OFICINAS MECÂNICAS DE LUZIÂNIA – GOIÁS. **Revista de divulgação científica Sena Aires**, v. 1, n. 1, p. 50-57, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10151:2019: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação

de uso geral. Versão Corrigida: 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=441496>. Acesso em: 19 ago. 2020.

BRASIL. Dataprev. **Instrução Normativa INSS/Pres nº 77**, de 21 de janeiro de 2015. Estabelece rotinas para agilizar e uniformizar o reconhecimento de direitos dos segurados e beneficiários da Previdência Social, com observância dos princípios estabelecidos no art. 37 da Constituição Federal de 1988. Disponível em: <http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/inss-pres/2015/77.htm>. Acesso em: 28 ago. 2020.

_____. MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil. **Doenças relacionadas ao trabalho**: manual de procedimentos para os serviços de saúde / Ministério da Saúde do Brasil, Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil; organizado por Elizabeth Costa Dias; colaboradores Idelberto Muniz Almeida et al. – Brasília: Ministério da Saúde do Brasil, 2001. 580 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos; n.114).

_____. Ministério da Saúde. Perda auditiva induzida por ruído (PAIR) – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

_____. **Previdência Social. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991**. Dispõe sobre os planos de benefícios da previdência social, 2018.

CISZ, C. R. **Conscientização do uso de EPI'S, quanto à segurança pessoal e coletiva**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3833>. Acesso em: 9 out. 2020.

COSTA, R. G. Os riscos e efeitos do ruído ocupacional: Uma revisão da literatura. **Revista Especialize On-line Ipog**, Goiânia, v. 1, n. 14, p.1-10, dez. 2017.

CUNHA, D. F.; RESENDE, A. A. de. ENEGEP. **Medição e análise de ruídos em oficina mecânica de pequeno porte para processos de usinagem**. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de out. de 2012.

EPI para proteção auditiva e ruídos no trabalho. **Dimensional A Sonepar Company**, 2020. Disponível em: <https://dimensional.com.br/blog/epi-protacao-auditiva/#:~:text=Protetor%20auricular%20de%20inser%C3%A7%C3%A3o%20mold%C3%A1vel&text=Os%20protetores%20de%20inser%C3%A7%C3%A3o%20mold%C3%A1vel,e%20alguns%20outros%20sons%20indesejados>. Acesso em: 2 set. 2020.

EPIs para proteção auditiva e os níveis de ruído. **Prometal**, 2018. Disponível em: <https://www.prometalepis.com.br/blog/epis-para-protacao-auditiva/>. Acesso em: 1 set. 2020.

FACTS Agência Europeia para a segurança e saúde no trabalho. **Redução e controle do ruído**, 2005. Disponível em <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheet-58-noise-reduction-and-control>. Acesso em: 8 set. 2020.

FERNANDES, J. S. MICHALOSKI, A. RUÍDOS OCUPACIONAIS: QUAL O TAMANHO DO RISCO E SUAS MEDIDAS DE CONTROLE? **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXV, N°. 000077, 02/12/2015.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016. 850 p.

LOCH, C.; CORREIA, G. A flexibilização do trabalho e da gestão de pessoas limitadas pela racionalidade instrumental. **Revista de Ciências da Administração**, 2004.

MASSERA, C. O ruído no meio ambiente. In. **O estudo do ruído**. Coordenado por Conrado de Assis Ruiz. Manual de consenso grupo de especialistas em saúde ocupacional de Jundiaí. São Paulo. 2015.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL – NHO 01: **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. 2001. 41 f. Ministério do Trabalho e Emprego - MTBE, FUNDACENTRO. Brasília, 2001.

NORMA REGULAMENTADORA 15. Atividades e operações insalubres. **Guia Trabalhista**. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>, v. 25. Acesso em: 15 set. 2020.

NORMA REGULAMENTADORA 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, 2014.

NORMA REGULAMENTADORA, NR-6. Equipamento de Proteção Individual – EPI. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr6.htm>. Acesso em: 10 set. 2020.

PERFIL PROFISSIOGRÁFICO PREVIDENCIÁRIO – PPP. Guia Trabalhista. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/novasnormasppp.htm>. Acesso em: 8, set. 2020.

QUICK T. C, LAPERTOSA L.B. **Contribuição ao estudo das alterações auditivas e de ordem neurovegetativa atribuíveis ao ruído**. Rev. Bras. de Saúde Ocup. 1983; 9(36): 50-56.

SALIBA, T. M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. 6. ed. São Paulo: Ltr, 2015. 496 p.

SILVA, J. L. L. et al. **O ruído causando danos e estresse: possibilidade de atuação para a enfermagem do trabalho**. Avances em Enfermagem, v. 32, n. 1, p. 124-138, 2014.

SOUSA, M. N. C. de; FIORINI, A. C.; GUZMAN, M. B. Incômodo causado pelo ruído a uma população de bombeiros. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 14, n. 4, p. 508-514, 2009.



AGROTÓXICOS: UM MAL NECESSÁRIO

Emanuel Duann Pontes de Moura

Faculdade Terra Nordeste, Caucaia - CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4377953910255954>

José Sergio Bezerra Marques

Faculdade Terra Nordeste, Caucaia - CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6623593771886210>

Luís de França Camboim Neto

Universidade federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8088-6208>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8798851810906877>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

08/10/2021

Aceito em:

11/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Segurança do trabalho

Insalubridade

Agrotóxicos

RESUMO

A atividade de aplicação de agrotóxicos na forma de pulverização manual ou mecanizada ainda sim é uma das formas mais comuns quando se trata do combate a pragas e doenças tanto nas plantas quanto no solo. Mesmo existindo muitas desvantagens em tal atividade como graves danos a saúde à pequeno, médio e longo prazo e graves problemas na preparação, aplicação e pós aplicação, essa forma de combate ainda sim é uma das mais comuns e adotadas por pequenos e grandes produtores rurais na indústria alimentícia, então o presente trabalho teve como objetivo visualizar e analisar as vantagens e desvantagens do uso de agroquímicos pois mesmo se utilizando de formas para se proteger, como exemplo o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) retiradas na NR 06 os pequenos produtores ainda sim sofrem danos pela execução da atividade pois na maioria dos casos o por falta de informação e apoio causando assim problemas para todos os familiares.

PESTICIDES: A NECESSARY EVIL

ABSTRACT

The activity of applying pesticides in the form of manual or mechanized spraying is still one of the most common ways when it comes to fighting pests and diseases on both plants and soil. Even though there are many disadvantages in this activity, such as serious damage to health in the small, medium and long term and serious problems in preparation, application and post-application, this form of combat is still one of the most common and adopted by small and large rural producers in the country. food industry, so this study aimed to visualize and analyze the advantages and disadvantages of using agrochemicals because even if using ways

Keywords:
Safety at Work
Insalubrity
Pesticides

to protect themselves, as an example the use of individual protection equipment (PPE) shown in NR 06, small producers still yes they suffer damage due to the performance of the activity because in most cases the lack of information and support thus causing problems for all family members.

1 INTRODUÇÃO

O século 20 teve como uma de suas principais características um contínuo e intensos avanços organizacionais e tecnológicos, entretanto que atingiram o mundo da produção e fizeram grandiosas transformações nas formas, relações de trabalho e processos. A agricultura, que tem sido o sustento de agricultores e suas famílias por centenas de anos e tornou-se uma atividade comercial voltada para a produção e renda. Por trás dessa mudança, está impregnada uma necessidade de alimentar a população cada vez maior que, segundo as Nações Unidas, chegará a 7,9 bilhões em 2025 (OIT, 2001).

De acordo com Oit (2001) e Abramovay (1992) as muitas mudanças tecnológicas e organizacionais mais importantes ocorreram no processo de produção agrícola, e o resultado final é, entre outras coisas, o aumento da produtividade. Uma das maiores contribuições tecnológicas foi a evolução e o uso dos maquinários agrícolas no auxílio e substituição da mão-de-obra. Mas talvez uma das mais impactantes mudanças tenha sido a introdução nos anos 1930 que mudou tudo quando se fala de produção agrícola.

Na Agricultura a principal forma de início do uso dos agroquímicos se inicia nos Estados Unidos na década de 50 na mundialmente conhecida Revolução Verde, que teve como principal finalidade aumentar a produção e modernizar a agricultura. Esse movimento no Brasil teve início nos anos 60 com a PNDA, Programa Nacional de Defensivos Agrícolas e ganhou mais força na década de 1970 (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Os agrotóxicos são químicos produzidos para controlar e matar fungos, larvas, carrapatos e insetos com a justificativa principal de restringir os males provocados por esses vetores e controlar o crescimento da vegetação, tanto no ambiente urbano, quanto rural (BRASIL, 2019).

De acordo com a OMS, Organização Mundial da Saúde, por ano são contabilizadas e registradas mais de 20 mil mortes pelo uso e consumo de agrotóxicos. Desde 2008 o Brasil vem sendo o país que mais consome e isso decorrente do setor econômico e do agronegócio, com isso acaba havendo grandes problemas em relação ao uso desenfreado de agrotóxicos

no país. A constante exposição aos agroquímicos podem a vir causar uma série de problemas a saúde, trazendo assim, doenças dependendo do tempo de exposição, do produto que foi utilizado e da quantidade que produto que foi que o organismo absorveu (BRASIL, 2019).

Com a evolução dessas doenças decorrentes dos agrotóxicos se fez necessário o emprego dos EPI's, equipamento de proteção individual, que mesmo sendo desconfortável se mostrou muito útil quando se fala pra prevenção a doenças ocupacionais. O SST, Sistema de Saúde e Segurança do Trabalho está totalmente relacionada a alternativas e escolhas quando se fala de prevenção, controle e proteção (ILO, 2001).

2 AGROTÓXICOS

De acordo com o Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento os Agrotóxicos são em sua essência, produtos químicos, físicos e também biológicos que tem como objetivos ser utilizados tanto no setor de produção agrícola, pastagens e entre outros afim de modificar a composição química para assim aumentar e preservar a sua produção, sendo assim para tais funções os defensivos agrícolas são divididos em categorias de uso e toxicidades (SOUSA, 2020).

2.1 Tipos de Agrotóxicos

Os agrotóxicos podem ser classificados, de acordo com a praga a que se destinam, como inseticidas (contra insetos em geral), larvicidas (contra larvas de insetos), formicidas (contra formigas), acaricidas (contra ácaros de plantas) carrapaticidas (contra Carrapatos de animais), nematocidas (contra nematoides parasitas) dentre outros Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Agrotóxicos

AGROTÓXICO	COMBATE
Acaricidas	Ácaros de plantas
Carrapaticidas	Carrapatos de animais
Desfoliantes	Folhas indesejadas
Formicidas	Formigas
Fumigantes	Bactérias no solo
Fungicidas	Fungos

Herbicidas	Ervas daninhas
Inseticidas	Insetos
Larvicida	Larvas de insetos
Nematicidas	Nematoides parasitas

Fonte: Sousa (2020), adaptada.

2.2 Grau de Toxicidade

De acordo com Sousa (2020), no Brasil todos os agroquímicos devem por lei ter uma Classificação Toxicológica, isso se dá para que se haja uma compreensão do potencial de risco para o manipulador do produto no uso dos defensivos agrícolas no intuito de preservar a saúde humana. A diferenciação é feita através de uma tabela de cores (Tabela 2) e por sua dose de letalidade, tudo isso sendo caracterizada e classificada pela ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, sendo assim sua classificação:

- 1) **Extremamente tóxicos**, indicados pela **cor vermelha**;
- 2) **Altamente tóxicos**, indicados pela **cor amarela**;
- 3) **Medianamente tóxicos**, indicados pela **cor azul**;
- 4) **Pouco tóxicos**, indicados pela **cor verde**.

A toxicidade da maioria dos agrotóxicos é expressa em valores referentes à Dose Média Letal (DL_{50}), por via oral, representada por miligramas do ingrediente ativo do produto por quilograma de peso vivo, necessários para matar 50% da população de ratos ou de outro animal teste. A DL_{50} é usada para estabelecer as medidas de segurança a serem seguidas para reduzir os riscos que o produto pode apresentar à saúde humana.

Tabela 2 – Cores e dose de letalidade dos agroquímicos

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERADAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
ORAL	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
DÉRMICA	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
INALATÓRIA	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
COR DA FAIXA	VERMELHO	VERMELHO	AMARELO	AZUL	AZUL	VERDE

Fonte: BRASIL (2019).

2.3 Vantagens e Desvantagens no uso de Agrotóxicos

Na agricultura moderna existem diferentes tipos de **agrotóxicos** que cumprem um papel indispensável no meio agrícola, e que apresentam vantagens e desvantagens, como as discriminadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens do uso de agrotóxicos

VANTAGENS	DESvantagens
Na utilização dos agroquímicos controlando a sua dosagem recomendadas afim de controlar possíveis doenças e pragas que poderiam prejudicar a produção agrícola.	A utilização de pesticidas é bastante questionada por diversos entes e órgãos da saúde, pois está diretamente ligada a problemas a saúde tais como, câncer, alteração cromossômica, doenças respiratórias, entre outras.
O controle de pragas e doenças acarretam um significativo crescimento no visual dos cultivados e o aumento da produtividade.	A utilização de forma errônea pode proporcionar danos ao meio ambiente, como contaminação de recursos hídricos, tais como lençóis freáticos e contaminação do solo.
Em relação ao custo, geralmente para compra dos produtos que foram cultivados com uso de	Na dosagem errada, acima do permitido podem contaminar os alimentos trazendo assim, muitos riscos à saúde.

agrotóxicos são bem discrepantes em relação ao preço dos produtos orgânicos.	
--	--

Fonte: Sousa (2020).

2.4 Agrotóxicos: Legislação e seus Impactos a Saúde do Trabalhador Rural

Atualmente, com o constante crescimento populacional, é exigido cada vez mais a produção de alimentos sem a utilização de pesticidas, e com menor impacto ambiental possível. Isso se deu pela recente preocupação com a saúde e do meio ambiente que estava sendo bastante prejudicada pelo uso desses agroquímicos (FERREIRA, 2009).

Conforme a lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, que consiste que os agrotóxicos são agentes de processos químicos, físicos e biológicos que beneficiam os produtores rurais que alguns setores, tais como a produção, armazenamento (BRASIL, 2017).

Infelizmente o Brasil é um dos principais utilizadores desses agrotóxicos, isso em escala global (BRASIL, 2017). O exacerbado uso dos agrotóxicos no cenário agrário brasileiro vem desde que começou a ser utilizado gerando impactos negativos, tanto ambientais que estão contaminando o ar, água e solo, quanto sociais, em relação à saúde humana que vem prejudicando bastante a vida de muitas pessoas (PIGNATI *et al.*, 2017).

O uso de agroquímicos podem trazer algumas vantagens tais como, o controle de fungos e pragas, crescimento de produção alimentícia, para assim atender a demandada populacional (VIGNA, 2010). Os pesticidas com o passar do tempo podem acabar contaminando os trabalhadores, rurais na sua maioria quando utilizados de maneira incorreta e também os consumidores (BARROSO; WOLFF, 2009).

De acordo com A Agência Nacional de Segurança Sanitária, o Brasil mostrou um aumento no mercado nacional de e 190% comparado com o crescimento mundial, assim ficando em primeiro colocado como país que mais consome agrotóxicos no mundo em 2008 (BRASIL, 2012),

Devido a exposição humana aos agrotóxicos vem se tornando um grave problema para a saúde pública. Os trabalhadores rurais durante toda a sua jornada de trabalho carecem de proteção e cuidado com sua saúde e necessitam de informações sobre os riscos que estão expostos devido ao uso de agrotóxicos (ISMAEL, 2015).

Devido a exposição ocupacional ao agrotóxico entra em prioridade a prática agrícola o produtor está exposto a diversos riscos, no caso da prática de pulverização ou de

qualquer uso de agrotóxicos além de contaminar o meio ambiente, intoxica os animais, os humanos e o alvo maior são as famílias e os moradores vizinhos (SILVA *et al*, 2005).

De acordo com BRASIL (2019) é importante considerar:

- Os contaminados primários e principais são os trabalhadores que trabalham na indústria de agrotóxicos e os agricultores que durante a aplicação e a manipulação pois entram em contato direto;
- Crianças, adolescentes e gestantes devidos as alterações no metabolismo, hormonais ou imunológicas também são considerados um grupo de risco bastante considerável; e,
- Por meio da ingestão de alimentos e águas contaminadas todo o resto da população está sujeita a sofrer pela exposição a agrotóxicos.

2.5 Formas de exposição e principais efeitos a saúde

As formas de exposição e principais efeitos à saúde são:

- Ambiental: Através da dispersão durante alguns processos como exemplo a pulverização aéreas ou por maquinário agrícola acaba que atingindo a população e o meio ambiente; e,
- Trabalho: Durante a manipulação ou aplicação ou preparo o aplicador pode entrar em contato de várias formas, como exemplo da forma oral, inalação ou dérmico. Até mesmo os transportadores de empresas que distribuem e formulam os químicos (BRASIL, 2019).

Quando se manipula agroquímicos de forma errada, com o passar do tempo podem vir bastantes sequelas, como problemas agudos, que aparecem de forma rápida no organismo ou também podem vir de formas crônicas que aparecem a constante exposição por um período de tempo maior e em quantidades reduzidas (BRASIL, 2019).

Algumas das características e sintomas mais comuns encontrados e sentidos diariamente por pequenos produtores e manipuladores rurais de agrotóxicos são, fraquezas, dores de cabeça, transpiração anormal, irritabilidade, tremores, câimbras entre outros são sintomas inespecíficos, mas existem outros tipos de efeitos, tais como crônicos e agudos, em variações diferentes (PEBMED, 2019).

2.5.1 Intoxicação aguda

Existem três variedades de intoxicação aguda, podem variar entre leve, moderada ou grave, o grau de intoxicação varia por alguns fatores, tanto tempo de exposição, toxicidade do produto, quantidade absorvida e o tempo em que procurada ajuda médica. A exposição aguda acontece geralmente num período de curto de até 24 horas, sendo assim, gerando alguns efeitos rápidos sobre a saúde e também gerando efeitos mais expressivos, tais como náuseas, vômitos, diarreia, tremores musculares involuntários, distúrbios sensoriais, distúrbios motores, movimentos involuntários dos olhos, entre outras. Chegando em casos mais graves podendo ocorrer até arritmias cardíacas, edemas pulmonares, insuficiência respiratória, convulsões, pneumonite química, choque, depressão do centro respiratório, coma e etc., podendo assim evoluir para o óbito (PEBMED, 2019).

2.5.2 Intoxicação crônica

As intoxicações crônicas diferentes das agudas, seus sintomas e efeitos aparecem a médio e longo prazo, ou seja, a manifestação dos sintomas se dá a um conjunto de patologias ao longo do tempo e que vão se alastrando por inúmeros órgãos, sistemas imunológicos, hepáticos, reprodutivos, neurológicos, podendo causar malformação congênitas e tumores (PEBMED, 2019).

2.6 PULVERIZAÇÃO

Quando se fala de uso de pesticidas na produção rural e dano a saúde não se pode deixar de falar da principal atividade de campo na qual o produtor entra em contato direto e indireto com o produto, que é quando ele vai aplicar na plantação o pesticida que em muitos casos o aplicador fica encharcado devido a alguns fatores, tanto climáticos quanto com os equipamentos inadequados na atividade.

Segundo registros históricos, existem desde a década de 40 avaliações de componentes isolados dos pulverizadores, mas só depois dos anos 70 que surgiram programas para inspeção técnica (REICHARD *et al.*, 1991).

Entre as várias técnicas de aplicabilidade de defensivos agrícolas disponíveis, a pulverização hidráulica é a mais comum, graças a facilidade que apresentam em várias aplicações diferentes (TEIXEIRA, 1997). Se fazem presentes vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão dos costais, que são os mais comuns, muito utilizados em área de pequeno porte, agricultura familiar, até os mais complexos, como exemplo os de barra ou os turbo autopropelidos (TEWARI; MURALIKRISHNA; PANDYA, 1998).

Quando se fala de pulverização, deve-se atentar a três pontos importantes, econômicos, ambientais e a saúde humana. Quando se trata de economia na pulverização, as pontas de pulverização e as condições de trabalho e do trabalhador, é sempre recomendado quando se procura uma aplicação de qualidade, econômica e eficiente. O uso e a escolha adequada dos bicos de pulverização são pontos cruciais para o aumento de segurança e precisão na aplicação de fitossanitários (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Mas, além da economia existe o parâmetro ambiental que se volta tanto para o meio ambiente em si quanto para a saúde humana, pois muitas vezes a calda de pulverização se perde devido às condições ambientais, climáticas devido muitas vezes pelo horário inadequado. A umidade relativa do ar baixa, temperatura alta e a velocidade do vento têm fundamental importância na aplicação de defensivos agrícolas, tanto carregando as gotas, quanto provocando evaporação (BARCELLOS; CARVALHO; SILVA, 1998).

2.7 Equipamento de proteção individual (EPI)

Definida principalmente pela Norma Regulamentadora número 06, NR06 define explicitamente que o empregador, no caso do meio rural sendo o chefe ou gerente da fazenda ou campo, deverá adquirir e fornecer para seu empregado o EPI apropriado de acordo com os níveis e tipos de riscos e o treinamento e orientações para o trabalho ser realizado de forma correta. Já no caso do pequeno produtor individual que na maioria dos casos são, eles mesmo devem comprar seus próprios equipamentos de proteção individual e fazer sua manutenção adequada, sendo higienização e manutenções (BRASIL, 2013).

De acordo com a Norma Regulamentadora, NR 31 tem como objetivo definir, orientar, coordenar e implementar a política nacional de saúde e segurança no trabalho rural.

A seguinte norma trava de todas as áreas agrárias, tais como agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura (BRASIL, 2013).

No decorrer da pulverização é de fundamental importância que haja uma preocupação com os aplicadores, pois o grau de exposição das partes de corpo tem uma variação de acordo com a técnica de aplicação do produto e com a natureza do alvo tratado, em vários locais do corpo de operador/aplicador (CHAIM *et al.*, 1999).

De acordo com Prometal (2020), os principais Equipamentos de Proteção Individual, EPI utilizados na aplicação de defensivos agrícolas são:

- Luvas de Segurança: Feita de borracha nitrílica ou látex;
- Respiradores: Deve estar sempre limpo e são descartáveis ou de baixa manutenção;
- Viseira Facial: Para proteger o rosto e os olhos, transparentes;
- Calças e Jalecos hidro-repelentes: Fabricado com tecidos especial de algodão tratado, não absorve o produto e não fica molhado facilmente;
- Boné ou Touca Árabe: Protege o pescoço e a cabeça, na maioria dos casos dos raios solares;
- Avental: Proteger contra vazamentos e possíveis respingos; e,
- Botas de segurança: Sempre impermeáveis para proteger os pés do aplicador, cano longo e resistente.

2.7.1 Uso de EPI na agricultura

A constante exposição aos agrotóxicos afeta diretamente os produtores e colaboradores rurais durante grande parte da sua jornada de trabalho e essa contaminação se dá em muitos casos pelos próprios EPI em sua constituição e projeto (MEIRELLES; VEIGA; DUARTE, 2016).

Diversas análises foram feitas em situações reais no uso continuado dos EPI, durante o preparo do produto, aplicação dos agrotóxicos, colocação e remoção dos EPI no corpo e na forma de armazenar e higienização após o uso (MEIRELLES; VEIGA; DUARTE, 2016).

Um estudo de caso mostrou que na maioria dos casos a única medida de segurança adotada para a segurança e saúde dos trabalhadores nas produções rurais são os equipamentos de segurança (Veiga *et al.*, 2007).

Segundo Meirelles, Veiga e Duarte (2016) O desconforto térmico associado as roupas de proteção é uma das principais reclamações dos trabalhadores rurais, principalmente na atividade de pulverizar a produção no combate as pragas. Pois como o material da roupa diminui a circulação do ar no corpo do trabalhador em dia quente acaba se tornando um verdadeiro desafio na atividade, ocasionando assim um pequeno “efeito estufa”.

Os EPI apesar de ser uma boa forma de proteção a contaminação na aplicação de agroquímicos não são totalmente eficientes, pois em muitos casos os mesmos podem ser uma fonte de contaminação também quando se trata de uma manutenção mal feita e não continuada. Os trabalhadores não só se contaminavam na aplicação e sim também na colocação do equipamento, na remoção, na higienização, e no desgaste do material após muitas lavagens os agrotóxicos podem facilmente penetrar na roupa de proteção pelo revestimento (GARRIGOU *et al.*, (2011).

Assim, ficou bastante claro que em muitos casos os pequenos e até grandes produtores não atendem à risca todas as recomendações em relação a manutenção, vestir/despir, lavagem, armazenagem e descarte dos EPI, sendo assim essas as fontes primárias de contaminação. No caso de pequenos produtores, eles ainda levavam para suas residências os epis para serem higienizados muitas vezes junto com outras roupas dos familiares entrando assim em contato com os mesmos, inclusive crianças (MEIRELLES; VEIGA; DUARTE, 2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com estudos e casos realizados em fontes bibliográficas o foi observado que o uso de agrotóxicos, no século passado e ainda no século atual é um meio bastante comum. Percebe-se que o agricultor vai continuar usando os agrotóxicos como uma das principais alternativas quando se fala de produção agropecuária no meio rural. E, mesmo causando diversos riscos a saúde, tanto os pequenos, quanto os grandes produtores continuarão adotando essa alternativo na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. Hucitec-Anpocs-Editora da Unicamp: São Paulo-Rio de Janeiro-Campinas, 1992.
- BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [Glycinemax (L.) Merrill]. **Engenharia Agricultura**, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.
- BARROSO, Lidiane Bittencourt; WOLFF, Delmira Beatriz. Riscos e segurança do aplicador de agrotóxicos no Rio Grande do Sul. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, v. 10, n. 1, p. 27-52, 2009.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Seminário volta a Discutir Mercado de Agrotóxicos em 2012. Brasília; 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2020.
- BRASIL. Instituto Nacional do Câncer (INCA). **Causas e prevenção: agrotóxico**. 16 de set. de 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxicos#main-content>. Acesso em: 1 set. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2017. **Legislação: orgânicos**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao-organicos>. Acesso em: 1 nov. 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. 2013. **Norma Regulamentadora 6 -NR 6: equipamento de proteção individual: EPI**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR31.pdf>. 2013. Acesso em: 21 out. 2020.
- CHAIM, Aldemir et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Diadema, SP: Spraying Systems do Brasil Ltda, 1997.
- FERREIRA, J. M. S. Pragas e métodos de controle ajustados à baixa capacidade de investimento dos pequenos produtores rurais. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M. et al. (Ed.). **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 233 p. p.191-218.
- GARRIGOU, *Alain et al.* Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. **Applied ergonomics**, v. 42, n. 2, p. 321-330, 2011.
- ILO. International Labour Office. Guidelines on occupational safety and health management systems, *ILO-OSH 2001*, Geneva. 2001.

ISMAEL, Luara Lourenço et al. Saúde, meio ambiente e segurança do trabalho associado ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 6, 2015.

LOPES, Carla Vanessa Alves; ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018.

MEIRELLES, Luiz Antonio; VEIGA, Marcelo Motta; DUARTE, Francisco. A contaminação por agrotóxicos e o uso de EPI: análise de aspectos legais e de projeto. **Laboreal**, Porto, v. 12, n. 2, p. 75-82, dez. 2016. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-52372016000200006&lng=pt&nrm=iso. acesso em: 23 out. 2020. <http://dx.doi.org/10.15667/laborealxii0216lam>.

OIT. Agricultura y sectores basados en recursos biológicos, pp. 64.2-64.77. 2001. In: **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo**, vol. III, parte X, capítulo 64. Disponível em: www.mtas.es/Publica/enciclo/default.htm. Acessado em 21/08/2020.

PEBMED, PORTAL. **Como identificar os principais sintomas da intoxicação por agrotóxicos**. 30 de mai. de 2019. Disponível em: <https://pebmed.com.br/como-identificar-os-principais-sintomas-da-intoxicacao-por-agrotoxicos/#:~:text=Confira%20os%20principais%20sintomas%20de%20cada%20tipo%20de%20intoxica%C3%A7%C3%A3o&text=Em%20casos%20mais%20graves%20pode,podendo%20evoluir%20para%20o%20%C3%B3bito>. Acesso em: 2 out. 2020.

PIGNATI, Wanderlei Antonio *et al.* Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciencia & saude coletiva**, v. 22, p. 3281-3293, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-81232017021003281&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 14 nov. 2020.

PROMETAL EPIS. **O uso de EPI na aplicação de defensivos agrícolas**. 2018. Disponível em: <https://www.prometalepis.com.br/blog/31-o-uso-de-epi-na-aplicacao-de-defensivos-agricolas/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

REICHARD, D. L.; OZKAN, H. E.; FOX, R. D. Nozzle wear rates and test procedure. **Transactionsofthe ASAE**, v. 34, n. 6, p. 2309-2316, 1991.

SILVA, Jandira Maciel da et al. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. **Ciência & saúde coletiva**, v. 10, p. 891-903, 2005.

SOUSA, Rafaela. **Agrotóxicos. Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agrotoxicos.htm>. Acesso em: 2 out. 2020.

TEIXEIRA, Mauri Martins; DELGADO, Luis Márquez. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. M. Martins, 1997.

TEWARI, V. K.; MURALIKRISHNA, R. V. S.; PANDYA, A. C. Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles. St. Joseph: ASAE. 1998.

VEIGA, Marcelo Motta et al. A contaminação por agrotóxicos e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 32, n. 116, p. 57-68, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbso/v32n116/08.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2020.

VIGNA, Camila Rosa Moraes. **Aplicação de polissiloxanos imobilizados sobre sílica como fase estacionária e como sorvente na determinação de agrotóxicos em água e caldo de cana**. 2010. 110 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/249937>. Acesso em: 14 nov. 2018.



AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS

Maria Eduarda de Souza Martins

Faculdade de Integração do Sertão-FIS, Serra Talhada-PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Faculdade de Integração do Sertão-FIS, Serra Talhada-PE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6353170691331354>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

11/10/2021

Aceito em:

15/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Manifestações

Patológicas

Paredes de Concreto

Reparo

RESUMO

O uso de paredes de concreto moldadas no local, tem ganhado bastante espaço no setor da construção civil, principalmente em construções de unidades habitacionais, por se tratar de um sistema construtivo rápido, eficaz e econômico, que proporciona alto controle tecnológico e uso racional de material. Este sistema se trata de um método de repetição seriada das paredes de concreto, ou seja, residências idênticas que proporciona um elevado ganho de produtividade da obra e da economia, que se traduz na redução dos gastos com fôrmas, na velocidade de montagem dos fechamentos, no controle de qualidade, conferindo assim uma obra racionalizada. Devido as proporções que tomaram esse sistema construtivo, em 2012 foi criada uma norma específica, a ABNT NBR 16055:2012 Projeto e execução de paredes de concreto moldadas no local, surgindo grande demanda de habitações populares gerada pelo programa habitacional Minha Casa Minha Vida (MCMV), tendo o propósito de reduzir a deficiência habitacional brasileira. Este estudo tem objetivo de aprimorar esse sistema construtivo, através da análise das manifestações patológicas. O trabalho foi realizado por uma revisão bibliográfica, sobre o sistema construtivo paredes de concreto moldadas no local, será possível apresentar gradativamente este sistema, relatando as manifestações patológicas. Enfim, fica claro a importância da qualidade na execução desse sistema construtivo, a fim de evitar retrabalho e custos não previstos em projeto.

EVALUATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN THE CONSTRUCTION SYSTEM ON CONCRETE WALLS MOLDED ON SITE FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

ABSTRACT

The use of concrete walls molded on site has gained a lot of space in the civil construction sector, mainly in the construction of housing units, as it is a fast, effective and economical construction system, which provides high technological control and rational use

Keywords:

Pathological

Manifestations

Concrete walls

Repair

of material. . This system is a method of serial repetition of concrete walls, that is, identical residences that provide a high gain in the productivity of the work and the economy, which translates into the reduction of formwork expenses, in the speed of assembly of the closings, in quality control, thus giving a rationalized work. Due to the proportions that took this constructive system, in 2012 a specific standard was created, ABNT NBR 16055: 2012 Design and execution of molded concrete walls on the site, with great demand for popular housing generated by the housing program Minha Casa Minha Vida (MCMV), with the purpose of reducing the Brazilian housing deficiency. This study aims to improve this constructive system, through the analysis of pathological manifestations. The work was carried out by a bibliographic review, about the constructive system of concrete walls molded in the place, it will be possible to gradually present this system, reporting the pathological manifestations. Finally, it is clear the importance of quality in the execution of this construction system, in order to avoid rework and costs not foreseen in the project.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil exige metodologias eficientes, empresas devem buscar qualificação profissional, mão de obra e material de alta qualidade para se adequar a esta demanda. O sistema de paredes de concreto moldadas em loco vem ganhando espaço no mercado da construção civil, principalmente em obras de edificações de produção em larga escala devido aos seus princípios de racionalização, qualidade e economia.

Quando a técnica construtiva de paredes de concreto moldadas in loco chegou ao mercado brasileiro havia poucas informações específicas a respeito da mesma, então as construções eram baseadas na ABNT NBR 6118: 2003, que normatiza as estruturas de concreto armado de um modo geral.

Devido as proporções que tomaram esse sistema construtivo, em 2012 foi criada uma norma específica, a ABNT NBR 16055:2012 que prescreve os requisitos e procedimentos relativos à execução deste método construtivo.

ARÊAS (2013), enfatiza que o sistema construtivo de paredes de concreto tornou-se importante dentre os demais já existentes, em função da grande demanda de habitações gerada pelo programa habitacional Minha Casa Minha Vida (MCMV). O programa MCMV vem para reduzir a deficiência habitacional brasileira. É preciso promover a construção de moradias para combater o déficit populacional, e assim, promover condições dignas para população.

Por se tratar de um método construtivo recente, imprevistas manifestações patológicas podem surgir reduzindo a capacidade resistente da estrutura e seu desempenho. As patologias estão muitas vezes ligadas a falhas construtivas ou erro de projeto, sendo necessário avaliar com coesão os projetos elétricos, hidráulicos, arquitetônicos e estruturais para serem executados no sistema construtivo de paredes de concreto de forma correta. Para se otimizar o controle tecnológico, cada entrega de material deve se verificar a especificação, quantidade, validade e integridade do mesmo, de acordo com as normas técnicas.

Segundo Mesomo (2018), foi constatado que 56,4% dos imóveis de unidade habitacional do programa minha casa minha vida (MCMV) demonstra irregularidade de construção dentro do prazo de garantia. Dentre os defeitos observados e citados, os principais foram: infiltrações, falta de prumo (verticalidade de paredes) e de esquadros (se os planos medidos estão com ângulo reto). Patologias estas que são responsáveis por interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra.

Este trabalho tem o propósito de apresentar o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, identificar e propor medidas que mitiguem o surgimento de manifestações patológicas ocorridas em obras desta natureza.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica, sobre o sistema construtivo paredes de concreto moldadas no local. Diante das informações formadas por esta revisão de literatura, será possível apresentar gradativamente uma obra de parede de concreto, relatando as manifestações patológicas presente no sistema construtivo, expondo estudo sobre falhas de execução, fissuras, reparos e outros, assim permitindo determinar as medidas e os procedimentos recomendados para repará-las.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como qualquer outro sistema construtivo, as paredes de concreto estão sujeitas ao aparecimento de manifestações patológicas, que comprometem o desempenho dessas estruturas, e dependendo da problemática pode comprometer a integridade da estrutura. Diversos são os fatores que contribuem para o aparecimento de manifestações patológicas nestas estruturas em razão das falhas de execução. A mão de obra não qualificada, falta de

controle de qualidade dos materiais, processos e atenção aos detalhes construtivos resultem em manifestações patológicas que podem ser observadas imediatamente ou ao longo do tempo da vida útil da habitação.

3.1 Fissuras

Os casos mais comuns de manifestações patológicas nas edificações de paredes de concreto são as fissuras, podendo interferir na estética, na durabilidade e no desempenho estrutural da obra. Essas fissuras podem ser apresentadas de diversas maneiras, sendo mais comum de surgir por deformação ou retração térmica.

MARCELLI (2007, apud. Gonçalves. 2015), questiona o fato de que muitos projetistas não costumam levar em consideração a etapa de concepção a variação da temperatura, acarretando uma variação volumétrica do concreto endurecido, gerando assim fissuras no mesmo. Segundo o autor, “o que temos observado nas construções novas e mesmo nas mais antigas é uma falta de preocupação por parte dos projetistas em querer resolver ou até mesmo minimizar os efeitos danosos da variação de temperatura, que por sua vez atinge diariamente todas as edificações.

Macêdo (2016), informa que as fissuras por deformação, são causados por esforços solicitantes atuantes na estrutura. A retração hidráulica pode gerar fissuras quando o concreto ainda está fresco, devido a perda da água exsudada para a superfície ou mesmo devido à evaporação da mesma (falha na cura).

Macêdo (2016) relata que retração térmica ocorre com a variação volumétrica do concreto endurecido, gerando assim fissuras no mesmo, este efeito é mais sensível para peças mais antigas. O autor também cita que as fissuras por expansão hidráulica são causadas pela expansão volumétrica da água que se encontra nos poros do concreto, produzindo grandes pressões.

3.2 Defeitos Superficiais

Segundo França (2019), informa que se não realizar a aplicação do desmoldante conforme NBR 16055:2012 que atende as necessidades e especificidades do sistema construtivo, pode gerar uma patologia que prejudica a qualidade superficial do concreto. Outra possibilidade que pode levar a esta ocorrência é a má dosagem do concreto, fazendo

com que este não possua o acabamento necessário em função de uso excessivo de superplastificante, ou até mesmo por ter traço incorreto a sua aplicação final.

Geyer (1995) apud Corrêa (2012), citam bolhas superficiais no concreto como um dos problemas mais comuns no sistema construtivo. Esta patologia aparece na superfície do concreto devido ao processo de mistura e lançamento do concreto. Uma parcela do ar fica presa no concreto durante a cura, a água e o ar tendem a concentrar-se próximo a parede, causando esses defeitos superficiais.

Macêdo (2016), este sistema possibilita que utilize Fôrmas metálicas, madeiras, plásticas e outros tipos, o desmoldante escolhido deve ser apropriado com o sistema de formas utilizado, as especificações devem garantir que o concreto não tenha aderência à forma; não deixar resíduos na superfície da parede ou que sejam de difícil remoção.

Segundo Lottermann (2013), relata que se ocorrer um erro de lançamento ou dvibração do concreto durante a etapa de execução, os agregados graúdos se separam do resto da pasta, formando um concreto com vazios, permeável, superfícies que permitem a passagem de água facilmente, conseqüentemente comprometendo a durabilidade da estrutura e o aspecto estético.

3.3 Ausência ou falha da Armadura

A NBR 16055:2012 define os materiais das armaduras como telas soldadas, barras e treliças de aço conforme as normas que as regem.

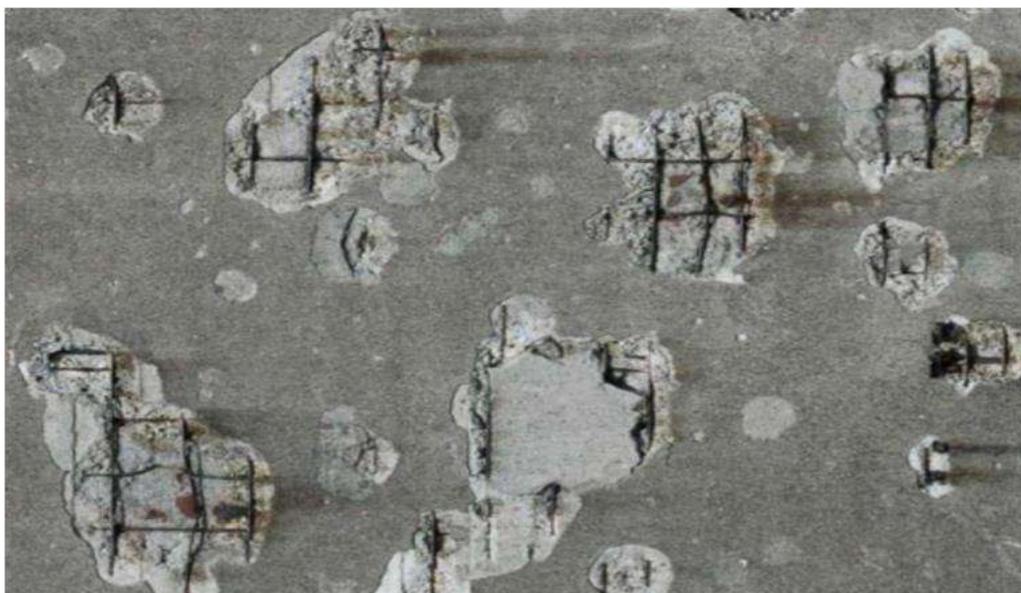
SILVA (2007) apud Lopes (2016), relata que o primeiro passo é a montagem da armadura principal, em tela soldada, posteriormente é que ocorre a execução das armaduras de reforços.

Segundo França (2019), a aplicação indevida de espaçadores pode comprometer a função do cobrimento de concreto e a proteção da armadura de aço, que tende a oxidar quando exposta ao intemperismo ou a determinados materiais de acabamento.

As armaduras exercem um importante papel no comportamento estrutural das paredes de concreto. Equívocos e falhas de execução na colocação da armadura podem acarretar em problemas sérios para a estrutura, além de manifestações patológicas que causam desconforto ao usuário. A má interpretação do projeto, com o posicionamento incorreto da armadura, pode ocasionar zonas com insuficiência de armadura, que comprometem a capacidade de resistência da peça. (TAKATA, 2009).

Segundo França (2019), as ausências de armações complementares, predominantemente, são utilizadas barras de aço como reforço ao redor da abertura das portas e janelas e a ausência ou incorreto posicionamento de barras de reforços em ângulo de 45° faz com que ocorra uma distribuição desuniforme de cargas que leva a esforços superiores aos suportados do concreto utilizado na peça estrutural. Esta anomalia não oferece riscos estruturais, desde que as fissuras não apresentem espessuras máximas permitidas pela NBR 6118:2014, que delimita “A abertura máxima característica w_k das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2mm a 0,4mm, sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas. Vale ressaltar que estes limites dependem da agressividade do ambiente que está inserido. A Figura 1 mostra manifestação patologia devido ausência de espaçadores na parede de concreto.

Figura 01 – armação exposta devido falta de cobrimento



Fonte: Cimento Itambé, 2014.

3.4 Falhas de Execução

Macêdo (2016) informa um erro comum, que é a imprudência na etapa de colocação e amarração das instalações na armadura, que quando não são bem fixadas saem da posição no momento da concretagem gerando transtornos e entupimento das tubulações, além de movimentar também a própria armação, geralmente deixando-a em contato com a fôrma. Outro inconveniente é o aparecimento de fissuras ou imperfeições na estrutura após a

concretagem e desforma, defeitos advindos de um mau adensamento do concreto (excesso ou falta de vibração) resultando em bolhas de ar ou na segregação dos agregados graúdos e miúdos.

A execução em si se constitui uma das principais atividades do sistema de paredes de concreto, e essa fase merece toda atenção e cautela. Pode-se observar como consequência de uma má execução algumas patologias, que de alguma forma irão interferir no andamento da obra.

Segundo Filgueira Filho et al. (2018), nesse sistema construtivo há uma problemática com relação ao rompimento dos eletrodutos durante a execução da concretagem, as caixas de passagem, eletrodutos, interruptores, caixas de tomada, quadros de distribuição e demais componentes da instalação elétrica são embutidos nas paredes e lajes. Durante o processo de concretagem, os conduítes podem romper e serem obstruídos pelo concreto, por exemplo quando um funcionário pisa e ele rompe, ou por algum erro de fixação desprende-se da armação. Nesses casos, a única maneira de reparar é rasgando o concreto e fazendo a limpeza, o que gera retrabalho, diminui a produtividade e pode comprometer a qualidade estrutural da edificação.

Segundo Nakamura (2018), “Um dos aspectos a ser considerado, entre outros, é a existência de interferência na estrutura, como desníveis entre áreas, divisões de cômodos e embutidos (tubulações, armaduras de espera, pino, tirantes)”.

Os resultados obtidos a seguir, baseiam-se na análise das manifestações patológicas ao longo do sistema construtivo das paredes de concreto, diante desta análise é possível visualizar e propor medidas que mitiguem o surgimento de manifestações patológicas ocorridas em obras desta natureza.

3.5 Agentes Mitigadores

3.5.1 Fissuras

Como a NBR 6118:2014, o projetista de estruturas deve sempre levar em conta a variação térmica em seus cálculos, seguindo as normas vigentes.

THOMAZ (2003) apud Gonçalves (2015), sugere que seja aplicada uma proteção térmica adequada nos primeiros dias de cura, o que impedirá o resfriamento rápido do concreto, reduzindo as tensões nele sofridas.

A NBR 16055:2012, ressalta que a correta cura das paredes de concreto serve para evitar a perda de água na superfície das peças, que pode gerar regiões com alta porosidade, suscetíveis a posteriores infiltrações e entrada de agentes agressivos.

Para minimizar o aparecimento de fissuras decorrentes da retração do concreto, é necessário que se faça uma cura adequada. No sistema de paredes de concreto, a cura química é a mais recomendada, devido à grande área de concreto existente. Ela deve ter uma duração mínima de 7 dias, e deve ser feita uma limpeza superficial antes do revestimento das paredes para o agente de cura ser removido, pois este pode prejudicar na aderência da parede com o revestimento. Filgueira Filho et al. (2018).

Essas trincas podem ser evitadas se, na etapa de execução, for feito a cura apropriada. No caso de o problema já estar apresentado no elemento estrutural, deve-se proceder ao selamento, a fim de proteger as ferragens de ataques de agentes externos, que poderão se infiltrar por meio das fissuras. THOMAZ (2003) apud Gonçalves (2015).

3.5.2 Defeitos Superficiais

Segundo Cintra et al. (2003), durante e logo após o lançamento, o concreto deve ser vibrado, tendo-se o cuidado de não usar o vibrador para espalhar concreto, dessa forma podendo causar defeitos superficiais. A vibração do concreto deve ser feita contínua e energicamente, da maneira mais padronizada possível. Todos os cantos da forma devem ser preenchidos por concreto, prevenindo a formação de ninhos de agregados, tendo-se especial cuidado na vibração de peças densamente armadas, no entorno de ancoragens de protensão e de outros dispositivos que ficam embutidos no concreto, como os hidráulicos e elétricos, para que não apareçam patologias na superfície do concreto devido ao processo de mistura e lançamento do concreto.

3.5.3 Ausência ou Falha da Armadura

Segundo Filgueira Filho et al. (2018), uma recomendação de grande importância é de se utilizar espaçadores para garantir a função do cobrimento de concreto, que é a proteção da armadura de aço, que tende a oxidar quando exposta ao intemperismo ou a determinados materiais de acabamento, como também utilizar barras de reforço nas diagonais em cantos de abertura das portas e janelas, pois estas são regiões de concentração de tensões.

As emendas entre uma barra de recuperação e uma barra existente assume maior importância até do que nos casos de uma construção nova. Isso se deve ao fato de que há a necessidade de a emenda ocupar o menor espaço longitudinal possível, para evitar remoção adicional de concreto, e ainda um mínimo espaço transversal, para se ter o mínimo de obstrução para o material cimentício de complementação. Souza e Ripper (1998) apud GONÇALVES (2015).

Gonçalves (2015) informa que devido ausência ou incorreto posicionamento de barras de reforços em ângulo de 45°, há necessidade que seja realizado um reforço nas armaduras complementares nos pontos onde deseja retomar a estrutura à sua capacidade resistente do projeto. Também quando há algum erro de projeto ou de execução da estrutura, se faz necessário o reforço. Há também outros casos, quando se muda o tipo da utilização da estrutura, ou seja, quando se quer aumentar a capacidade de carga da mesma.

3.5.4 Falhas de execução

Segundo Misurelli e Massuda (2009), o adensamento deve ser cuidadoso, para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma. Nessa operação, o executor deve tomar as precauções necessárias para impedir a formação de ninhos ou segregação dos materiais e para não danificar os painéis das fôrmas.

A prevenção contra danos nas instalações elétricas embutidas deve ocorrer primeiramente na escolha do material a ser utilizado. A Associação Brasileira de Cimento Portland (2014) indica o emprego do eletroduto corrugado laranja, por possuir maior resistência. Como a quantidade de instalações embutidas na parede é alta, ela também recomenda posicionar cada eletroduto isoladamente e evitar a sobreposição entre eles. A fixação dos eletrodutos na armação é um ponto chave para um bom desempenho do subsistema de instalações elétricas. Os principais cuidados a serem tomados com as instalações elétricas se referem à vedação e ao posicionamento dos eletrodutos na ferragem, visto que esses materiais estarão sujeitos à pressão do concreto dentro das fôrmas. Além de que é fundamental a presença de um eletricitista no momento da concretagem, a fim de reparar possíveis danos. Filgueira Filho et al. (2018).

Segundo Misurelli e Massuda (2009), deve-se também acompanhar o enchimento das fôrmas por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis. É importante evitar a vibração da armadura, para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência. No adensamento manual, as camadas de concreto não devem exceder a 20 cm. Se a opção for usar vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser, no máximo, aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha. Se não for possível atender a essa

exigência, o vibrador de imersão não deverá ser empregado. Para evitar as falhas de execução no sistema construtivo, recomenda-se que tenha o controle na etapa de execução os seguintes itens:

- Controle do concreto, seu recebimento e suas propriedades;
- Montagem das formas;
- Concretagem;
- Cura do concreto;
- Controle no recebimento das paredes após desenforma.

3.6 RECUPERAÇÃO

3.6.1 Fissuras

Segundo Filgueira Filho et al. (2018), o reparo das fissuras, quando estabilizadas, é feito com a estratificação, limpeza e por fim preenchendo com adesivo epóxi, a fim de reconstituir a monoliticidade do concreto. No caso de fissuras com movimentação, deve ser feito o reparo com mastiques elásticos e quando tiver maiores aberturas se colocar tela plástica no revestimento. É lembrado também que estas não devem ultrapassar os limites estabelecidos para abertura de fissuras da ABNT NBR 6118:2014, critérios que visam obter estruturas mais duráveis, evitando a entrada de agentes agressivos que podem causar corrosão de armaduras. Caso haja fissuras que ultrapassem esses limites, deve-se consultar especialistas em estruturas.

A solução para esse efeito de fissuras por retração térmica está na concepção do projeto, que se não for levada em consideração, via de regra, torna o problema crônico e de difícil solução posterior, obrigando o usuário muitas vezes a conviver com ele. MARCELLI (2007) apud. GONÇALVES (2015). A Figura 02 mostra o reparo para o tratamento das fissuras.

Figura 02 – Tratamento de fissuras em Paredes de concreto



Fonte: Filgueira Filho et al. (2018).

3.6.2 Defeitos Superficiais

Segundo Gonçalves (2015), dependendo do tamanho dos vazios ou da complexidade da peça concretada, pode exigir uma reconstrução, nesse caso se trata de um reparo estrutural, sendo necessário a consulta de um engenheiro calculista. Em situações de menos complexidade, onde os termos estabelecidos não ultrapassam os limites de abertura de fissuras da ABNT NBR 6118:2014, é possível recuperar, realizando a preparação da área de aderência, aplicando os devidos materiais.

Segundo Misurelli e Massuda (2009), informa devido a presença de falhas decorrentes de infiltração de ar e as falhas provocadas pela heterogeneidade, o mesmo recomenda que a recuperação seja realizada pelo processo de feltragem que consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento Portland, com traço rico em cimento, por meio de desempenadeiras de madeira revestidas com espuma. Os materiais mais empregados em obras já realizadas são: massa corrida, revestimentos cerâmicos, texturas e argamassas industrializadas sendo, nesses casos, aplicados diretamente sobre as paredes, assim não havendo necessidade da feltragem.

3.6.3 Ausência ou Falha da Armadura

Segundo Filgueira Filho et al. (2018), quando a armadura não for afetada (não atingiu a espessura do cobrimento), se tratará apenas de um reparo estético, daí pode se fazer o tratamento corrigindo as imperfeições com argamassa que tenha características próximas do concreto utilizado. Porém quando as armaduras estiverem expostas, deve se utilizar de concreto projetado ou grauteamento. Neste caso, como se trata de um reparo estrutural, um calculista deve ser consultado.

3.6.4 Falha de Execução

Segundo Filgueira Filho et al. (2018), para solucionar a manifestação patológica de obstrução de eletrodutos, não há outra forma senão fazer um rasgo no concreto, seja na parede ou na laje, remover o material que estiver causando a obstrução e depois fazer uma emenda da tubulação com material apropriado. Por fim fazer o reparo na estrutura utilizando-se de concreto projetado ou grauteamento, salientando mais uma vez que deve ser feita a consulta, para este reparo, com um calculista. Dessa forma, fica evidente a necessidade de respeitar rigorosamente as recomendações de instalação, de forma a evitar eventuais danos à estrutura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se nesse trabalho, que o sistema construtivo de paredes de concreto, apesar de ser considerado racionalizado e apresentar como principal vantagem a sua alta produtividade, é possível apresentar várias falhas construtivas, podendo gerar despesas e retrabalho, dessa forma diminuindo a sua produtividade. É válido salientar que as falhas encontradas não são provenientes do sistema construtivo, mas da execução ou ausência de especificação de projeto. As patologias que surgem nesse sistema construtivo estão inteiramente ligadas a falha de execução, sendo de extrema necessidade o treinamento da equipe produtiva para banir a repetição dos casos, tornando-se claro a importância de uma mão de obra qualificada para execução das etapas construtivas desse sistema. As soluções de reparo citadas nesse trabalho, foram retiradas da bibliografia técnica, e se mostram capazes de solucionar os problemas encontrados, tendo relevante combinação para aplicar em outras

construções que venham a utilizar esse sistema. Enfim, fica claro a importância da qualidade na execução desse sistema construtivo, a fim de evitar retrabalho e custos adicionais.

REFERÊNCIAS

ARÉAS, D. M. **Descrição do processo construtivo de paredes de concreto para obra de baixo padrão.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **PAREDE DE CONCRETO** - Coletânea de Ativos 2011/2013. São Paulo, 2014.

FILGUEIRA FILHO, A. da C., Ferraz, L. M. N. N., Silva, A. B. L., COSTA E SILVA, A. J., OLIVEIRA, R. A. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS EM LOCO: ESTUDO DE CASO EM JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE.** In: 60º congresso brasileiro de concreto, 2018 foz do Iguaçu. Anais do 60º IBRACON, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, 2012.

CINTRA, D. C. B.; FONSECA, E. L.; TRISTÃO, F. A.; VIEIRA, G. L. **Estudo de procedimentos de adensamento do concreto por vibradores de imersão em obras na Grande Vitória – ES.** ANAIS DO 54º Congresso brasileiro do concreto – IBRACON. Grande Vitória, 2013.

FRANÇA, R. G. R. **CAUSAS, DIAGNÓSTICOS E TRATATIVAS DE PATOLOGIAS EM PAREDE DE CONCRETO: ESTUDOS DE CASO.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Unievangélica,, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Anápolis, 2019.

GONÇALVES, E. A. B. **ESTUDO DE PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Rio de Janeiro, 2015

LOPES, F. A. **UTILIZANDO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “IN LOCO” – ESTUDO DE CASO.** Projeto de graduação ao curso de engenharia civil, Escola de Engenharia Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído. Belo Horizonte, 2016.

LOTTERMANN, A. F. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Ijuí, 2013.

MACÊDO, Julianne Simões. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MESOMO, M. F. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES HABITACIONAIS CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO COM FÔRMAS METÁLICAS: ANÁLISE DAS FALHAS OBSERVADAS NA ETAPA DE EXECUÇÃO.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Porto Alegre, 2018.

MIOTTO, A. **AValiação das patologias no sistema construtivo em paredes de concreto moldadas no local para edifícios residenciais.** Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Curitiba, 2014.

MISURELLI, H.; Massuda, C. **Como construir paredes de concreto.** Revista Técnica, 2009.

NAKAMURA, J. **Modelo seguro: quando bem especificados, fôrmas e escoramentos podem induzir ganhos de produtividade, além de agregar economia e qualidade à obra. Conheça as principais tecnologias disponíveis e suas aplicações.** [Editorial]. Construções mercado negócios de incorporação e construção, 2018.



ANÁLISE DOS PROCESSOS SIMPLIFICADOS PARA A AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE GLOBAL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Raul Mauricio de Pontes Neto

Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), João Pessoa - PB
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3532-7815>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1779410554458873>

Marinaldo dos Santos Júnior

Professor EBTT, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Princesa Isabel - PB
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3515-3667>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7039131984326044>

Luiz Ricardo da Silva Linhares

Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal - RN
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0033-5639>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1043854368201065>

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Faculdade de Integração do Sertão-FIS, Serra Talhada-PE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6353170691331354>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

11/10/2021

Aceito em:

15/10/2021

Data de publicação:

15/12/2021

Palavras-chave:

Parâmetro α

Parâmetro γ_z

P-Delta

Estabilidade Global

RESUMO

O emprego de novos materiais e técnicas de construção possibilita a execução de edifícios cada vez mais altos e esbeltos. Para isto, necessita-se verificar alguns aspectos no dimensionamento destas construções, como por exemplo: a estabilidade dos elementos, ação do vento, etc. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar a estabilidade global das estruturas de concreto armado em edifícios, considerando a não linearidade física e geométrica e o efeito da rotação dos pilares para a estabilidade estrutural. Abordaram-se os parâmetros de estabilidade α e γ_z descritos na NBR 6118 (ABNT, 2014) através da análise de um edifício de seis pavimentos. Também se verificou a instabilidade através do parâmetro P- Δ , através da modelagem do mesmo edifício no *software* Cypecad®. Foram observados valores próximos obtidos entre as análises, entretanto, destaca-se que os valores apresentados pela norma brasileira de concreto foram mais conservadores, sendo a diferença mais relevante mostrada pelo parâmetro γ_z , de 5,7% e 2,8% maior do que o valor obtido pelo *software* para o vento incidindo, respectivamente, na direção de menor e maior inércia do edifício. Por sua vez, a posição dos pilares influenciou diretamente na estabilidade da estrutura, por meio de ganhos significativos nos parâmetros mencionados.

ANALYSIS OF SIMPLIFIED PROCESSES FOR THE EVALUATION OF GLOBAL STABILITY IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT

The use of new materials and construction techniques allows the execution of increasingly tall and slender buildings. For this, it's necessary to verify some aspects in the dimensioning of these constructions, such as: the stability of the elements, the wind's action, etc. In this context, this work will study the overall stability of reinforced concrete structures, considering geometric and material nonlinearity and the columns rotation's effect for structural stability. The stability parameters α and γz described in NBR 6118 (ABNT, 2014) were analyzed through the analysis of a six-story building. The instability was also verified through the parameter $P-\Delta$, by modeling the same building in Cypecad® software. The values obtained by the brazilian concrete standard were more conservative, but the most relevant difference was demonstrated by the parameter γz , of 5.7% and 2.8% higher than the value obtained by the software for the wind incident, respectively, in the direction of smaller and larger inertia of the building. By the way, the position of the collumns directly influenced the stability of the structure, through significant gains in the mentioned parameters.

Keywords:

Parameter α

Parameter γz

P-Delta

Global stability

1 INTRODUÇÃO

A partir do momento em que o homem deixou de ser nômade e começou a construir suas próprias casas, que basicamente eram feitas de pedras simplesmente sobrepostas umas nas outras, iniciou-se um grande avanço tecnológico na construção de casas. Com o passar dos tempos, as casas que antes não passavam de alguns metros de altura começaram a crescer verticalmente e hoje vê-se edifícios com mais de 800 metros de altura, como por exemplo o Burj Khalifa em Dubai.

Atualmente, com o aumento das grandes cidades e a falta de espaço horizontal, cresceu a necessidade de se construir edifícios cada vez mais altos e esbeltos. O grande avanço e melhoria na fabricação dos materiais utilizados faz com que isso se torne cada vez mais possível.

Segundo Carmo (1995), vem se despertando um enorme interesse por profissionais com capacidade de analisar possíveis problemas de estabilidade e de deslocamentos excessivos nas estruturas de edifícios, solicitadas por ações verticais e horizontais. E são esses deslocamentos excessivos que acarretam os esforços adicionais, que são chamados de Efeitos

de Segunda Ordem. Esses efeitos, combinados com os carregamentos verticais, podem comprometer a sua estabilidade.

De acordo com Carvalho e Pinheiro (2009), *”as estruturas, mesmo as mais simples, estão sempre sujeitas, além das ações gravitacionais, às ações laterais decorrentes, principalmente, do efeito de ventos. No caso de estruturas de grande altura ou as que têm uma razão grande entre a altura e maior dimensão em planta, estes efeitos se tornam mais importantes e podem, inclusive, desencadear situações de instabilidade do edifício.”*

Inúmeros estudos foram realizados no intuito de se prever parâmetros simplificados que ajudassem os projetistas na análise de segunda ordem nas estruturas sem a necessidade de se realizar uma análise não-linear. Os parâmetros atualmente mais utilizados nessa análise são: Parâmetro α , Coeficiente γ_z e Processo P - Δ .

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a estabilidade global de estruturas de concreto armado em edifícios, considerando a não linearidade física e geométrica e, por fim, o efeito da rotação dos pilares para a estabilidade estrutural. Foram abordados os parâmetros de estabilidade α e γ_z descritos na NBR 6118 (ABNT, 2014) através da análise de um edifício de seis pavimentos. Também verificou-se a instabilidade da edificação através do processo P- Δ , fazendo-se a modelagem do mesmo edifício com o auxílio no *software* Cypecad®.

2 METODOLOGIA

Nesse trabalho foram utilizadas estratégias de cálculos manuais, utilizando planilhas de cálculo, e o *software* Ftool para a realização de análises dos efeitos de segunda ordem previstos pela NBR 6118 (ABNT, 2014) e, posteriormente, um programa de computador, que já possui uma metodologia para cálculo os efeitos de segunda ordem.

Foi feita uma comparação entre os métodos sugeridos pela NBR 6118 (ABNT, 2014), que é o parâmetro de estabilidade α e o Coeficiente γ_z , com a metodologia adotada pelo *software* Cypecad®, que utiliza o processo P- Δ para análise dos esforços de segunda ordem.

Também se buscou analisar a influência da rotação dos pilares da edificação, no processo P- Δ , tendo o auxílio o *software* Cypecad®, nos resultados das análises de estabilidade global.

2.1 Características da edificação estudada

Foi considerado um edifício de 6 pavimentos (sendo um térreo, 4 pavimentos tipos e uma cobertura), apertado, com planta baixa tipo de acordo com a Figura 1 e com as seguintes características:

Seção transversal dos Pilares: 15 x 40 cm

Seção transversal das Vigas: 12 x 30 cm

Classe do concreto: C30 ($f_{ck} = 30$ MPa)

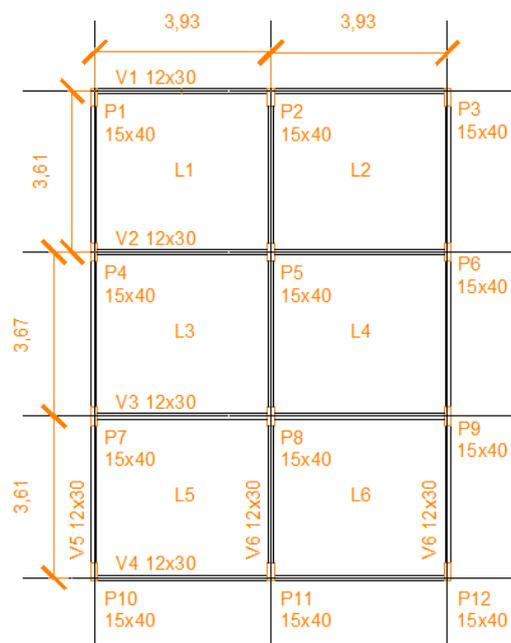
Módulo de Elasticidade Secante do concreto: $E_{cs} = 2,70 \times 10^7$ kN/m²

Foi admitido o peso próprio das lajes (piso e forro) igual a 2,0 kN/m², carga accidental no forro de 0,5 kN/m², espessuras das paredes iguais a 9 cm, com peso próprio da alvenaria de 13 kN/m³, de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 1980) (blocos de tijolo furado) e revestimento com valor de 18 kN/m³ (argamassa de cal, areia e cimento).

As cargas verticais da edificação foram considerada de acordo com as características geométricas dos elementos estruturais e com as cargas citadas anteriormente. No caso da análise com o Processo P- Δ , as cargas de peso próprio são geradas automaticamente pelo *software* Cypecad®.

As cargas horizontais são cargas de vento, geradas de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988). A construção foi considerada situada na Paraíba com estrutura constituída por pórticos e terreno totalmente plano com poucos obstáculos e finalidade residencial. As cargas foram aplicadas nos nós, na junção entre os pilares e vigas de cada pavimento, para as análises manuais, com o auxílio do *software* Ftool e de planilhas de cálculos, e foram aplicadas ao longo dos elementos estruturais para o caso das análises com o auxílio do *software* Cypecad®.

Figura 1 - Planta do pavimento tipo da edificação (cotas em metros e dimensão dos elementos em centímetro).



2.2 Parâmetros previstos pela NBR 6118 (2014)

A NBR 6118 (ABNT, 2014), no seu item 15, disponibiliza duas estratégias aproximadas para a verificação de possibilidades de se dispensar os esforços globais de segunda ordem sem a necessidade de cálculos mais rigorosos. Esses parâmetros de estabilidade são o Parâmetro α e o Coeficiente γ_z . Esses parâmetros classificam ainda as estruturas de edifícios em: Estruturas de nós fixos ou Estruturas de nós móveis. A saber:

- Estruturas de nós fixos - As estruturas são consideradas de nós fixos quando os deslocamentos horizontais dos nós são pequenos (inferiores a 10% dos respectivos esforços de 1ª ordem), de maneira que os efeitos globais de 2ª ordem podem ser desprezados. Se esse requisito for atendido podemos considerar apenas os efeitos locais e feitos localizados de 2ª ordem simplificando enormemente as análises.
- Estruturas de nós móveis - Já as estruturas serão consideradas de nós móveis, quando os deslocamentos horizontais não são considerados pequenos (superiores a 10% dos

respectivos esforços de 1ª ordem). Nessas estruturas deve-se considerar tanto os esforços de 2ª ordem globais como os locais e localizados.

Os métodos supracitados serão, de forma sucinta, apresentados a seguir.

2.2.1 Parâmetro de Estabilidade α

O Parâmetro α foi proposto por dois estudiosos alemães, Gert Konig e Hubert Beck, em 1967, que consideram um edifício esbelto, com material elástico, e os pilares contraventados de paredes rígidas.

Segundo Maciel, Souza & Moura (2011), *“no seu desenvolvimento matemático, os pilares foram submetidos por um sistema contínuo, para possibilitar a análise por equação diferencial semelhante ao de flambagem em barras isoladas. O coeficiente resultante dessa análise ficou conhecida como coeficiente α .”*

O parâmetro de estabilidade α é dado pela Equação 1, e deve ser menor que α_1 .

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{N_k}{(E_{cs} I_c)}} \cdot 1 : \frac{C_a}{c} : \frac{C_p}{c} : (a/c) \quad (\text{Equação 1})$$

$$1 : \frac{C_a}{c} : \frac{C_p}{c} : (a/c)$$

Sendo:

$$\alpha_1 = 0,2 + 0,1.n \quad \text{se } n \leq 3$$

$$\alpha_1 = 0,6 \quad \text{se } n \geq 4$$

Sendo:

n= Número de pavimentos, acima da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

H_{tot}= Altura total da estrutura, medido da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

N_k= Somatório de todas as cargas verticais atuante na estrutura (a partir do nível considerado para o cálculo de H_{tot}), com seu valor característico;

Ecs.Ic= Somatório da rigidez de todos os pilares na direção considerada. No caso de estruturas de pórticos, de treliças ou mistas, ou com pilares de rigidez variável ao longo da altura, permite-se considerar produto de rigidez Ecs.Ic de um pilar equivalente de seção constante, e o valor de I deve ser calculado considerando as seções brutas dos pilares.

2.2.2 Coeficiente γ_z

Os engenheiros e professores Augusto Carlos Vasconcelos e Mario Franco, apresentaram em 1991 na comissão do CEB, no Rio de Janeiro, um artigo sobre resultados de um estudo feito para obtenção de uma estratégia que pudesse tornar mais simples a análise de se classificar uma estrutura como sendo de nós fixos ou de nós móveis, e estimar uma boa ordem de grandeza dos efeitos de segunda ordem (MACIEL, SOUZA e MOURA, 2011). Esse estudo foi nomeado de coeficiente γ_z , que se encontra na NBR 6118 (ABNT, 2014) como uma estratégia de utilização para verificação do efeito de segunda ordem, sendo uma estratégia muito utilizada.

De acordo com Moncayo (2016), *”o Coeficiente γ_z é um parâmetro que avalia, de forma simples e bastante eficiente, a estabilidade global de um edifício com estrutura de concreto armado.”*

Segundo Franco e Vasconcelos (1991) *apud* Moncayo (2016, p. 30), o valor limite estabelecido para o valor γ_z é de 1,20. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), é considerado estruturas de nós fixos se atendida a condição $\gamma_z \leq 1,1$. Valores inferiores a 1,0, ou mesmo negativos, são incoerentes e indicam que a estrutura é totalmente insustentável.

O valor do coeficiente γ_z é determinado pela Equação 2, de acordo com o item 15.5.3 da NBR 6118 (ABNT, 2014).

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (\text{Equação 2}) \quad 1: \frac{C_a}{C} : \frac{C_p}{C} : (a/c)$$

Em que:

M_{1,tot,d}= Momento de tombamento, ou seja, soma de todas as forças horizontais, com seus valores de cálculo, em relação a base da estrutura;

ΔM_{tot,d}= Soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelo deslocamento horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de primeira ordem.

Segundo o item 15.7.2 da NBR 6118:2014, com o valor de z é possível estimar os esforços finais (1ª + 2ª ordem) por uma simples multiplicação dos esforços horizontais de primeira ordem, da combinação de carregamento considerada, por $0,95 \cdot z$, sendo válido esse processo somente para $z \leq 1,3$.

2.2.3 Relação entre os Coeficientes α e γ_z

Após estudar vários edifícios de concreto armado, Carmo (1995) obteve uma nuvem de pontos onde foi possível fazer uma correlação entre o parâmetro α e o coeficiente γ_z através de uma equação cúbica (Equação 3). De acordo com Moncayo (2016), *“o objetivo principal de se achar essa correlação, obtendo-se γ_z a partir de valores de α , é que com o parâmetro α só é possível se fazer uma avaliação da estabilidade do edifício, classificando-o como de nós fixos ou móveis. Com o parâmetro γ_z , além de ser possível a mesma avaliação, pode-se também estimar os esforços de segunda ordem.*

$$\gamma_z = 0,90 + 0,52 \cdot \alpha - 0,62 \cdot \alpha^2 + 0,46 \cdot \alpha^3 \quad (\text{Equação 3}) \quad 1: \frac{c_a}{c} : \frac{c_p}{c} : (a/c)$$

2.2.4 Parâmetro de estabilidade P - Δ

O processo P-Δ não é um parâmetro de estabilidade, mas com ele pode-se obter os esforços de primeira e segunda ordem. A avaliação da estabilidade global só é realizada após análise do processo P-Δ, pois esse processo nada mais é do que uma análise não-linear geométrica. Na literatura, há diversos métodos que levam em conta este processo, mas nesse trabalho será utilizado o Método da Carga Lateral Fictícia. Porém, o método não será apresentado aqui por uma questão de espaço no artigo, mas apenas uma breve explanação

sobre o mesmo. Assim, para melhor entendimento do método ver o trabalho desenvolvido por Maciel, Souza e Moura (2011).

Segundo Maciel, Souza & Moura (2011), o Método da Carga Lateral Fictícia “*trata-se de um método iterativo que consiste na aplicação de um conjunto de cargas horizontais equivalentes para simular os esforços gerados pelas cargas verticais quando atuam na posição deformada.*” Os autores esclarecem ainda que o processo consiste em verificar inicialmente os deslocamentos gerados pela aplicação dos esforços horizontais e verticais na estrutura em sua posição inicial. Após a análise de primeira ordem, iniciam-se as iterações até que se chegue numa posição de equilíbrio, como pode ser visto na Figura 2.

Após feita a primeira iteração, obtém-se uma nova força lateral fictícia, e a partir dessa nova força, repete-se a mesma análise até que se tenha uma posição de equilíbrio (MONCAYO, 2011). A Figura 2 mostra o processo P- Δ aplicado em uma barra simples na vertical, engastada na base e livre no topo. Porém, esse processo é aplicado também para edifícios de múltiplos andares, como mostra a Figura 3.

Figura 2 - Iteração do Processo P-Delta (LIMA, 2001)

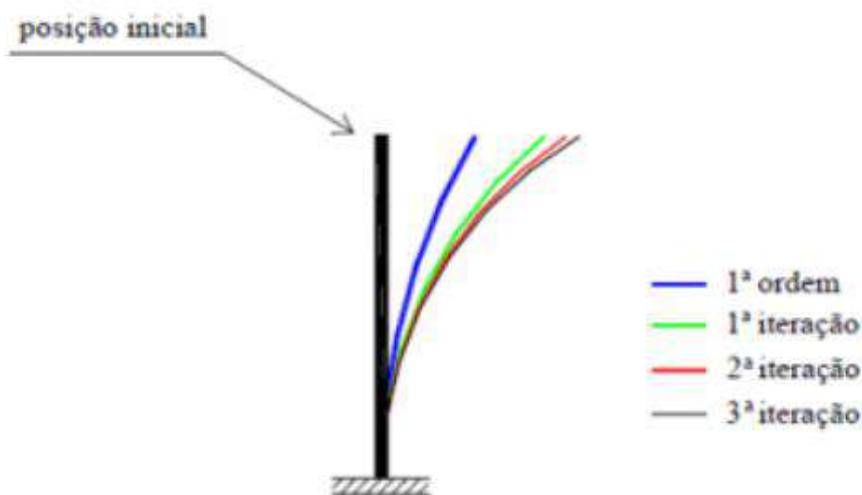
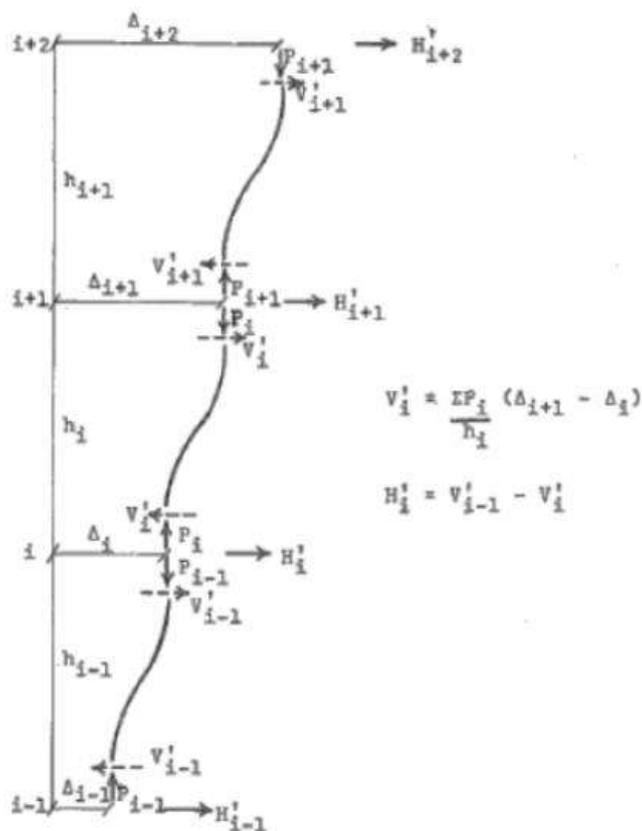


Figura 3 - Cargas Fictícias (H') em edifícios de múltiplos andares (GAJOTTI, 1989 *apud* MONCAYO, 2011)



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Obtenção do Parâmetro α

Para a obtenção do Parâmetro α , conforme Equação 1, deve-se conhecer todas as cargas verticais na estrutura, a altura total da estrutura, o Módulo de Elasticidade e a Inércia da estrutura. Porém, para facilitar a aplicação do método é necessário definir um pilar que possua a rigidez equivalente ao edifício. A força equivalente aplicada no topo deste pilar será igual a uma força que gere o mesmo momento na base do pilar e da estrutura analisada, que dada pela somatória dos momentos de cada força horizontal em relação à base do pilar.

Dado o Módulo de Elasticidade definido no item 3.1, o Momento de Inércia Equivalente (I_c) é dado pela Equação 4.

$$I_c = \frac{F_{eq} \times H_{tot}^3}{3 \times \delta \times E_{cs}} \quad (\text{Equação 4})$$

A Força Equivalente F_{eq} é definida conforme a Equação 5.

$$F_{eq} = \frac{\sum F_i l_i}{H_{tot}} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

F_{eq} = Força Horizontal Equivalente total na direção considerada;

δ = Deformação no topo da edificação na direção considerada;

F_i = Força aplicada ao nó relativo a cada nível do pavimento;

l_i = Altura de cada pavimento equivalente a força aplicada;

$M = F_i l_i$ = Momento Fletor total na base do edifício, devido as forças.

Com base nas forças de arrasto (F_i), calculadas de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988), para cada pavimento (Tabela 1), determinou-se o Momento Fletor total na base do edifício (M), a Força Horizontal Equivalente total (F_{eq}), o Momento de Inércia Equivalente (I_c), a Carga Vertical total nos pavimentos (FV-Pav.) e no forro (FV-Forro), o deslocamento horizontal no topo do edifício (δ) e, por fim, o Parâmetro α , para cada direção considerada (Tabela 2).

Tabela 1 - Força de arrasto para cada pavimento

Pavimento	Altura do Pavimento	Altura acumulada	F_x (KN)	F_y (KN)
Térreo	-	-	-	-
1º Pav.	3,10	3,10	19,61	12,32
2º Pav.	3,10	6,20	22,38	14,06
3º Pav.	3,10	9,30	23,66	14,87
4º Pav.	3,10	12,40	24,94	15,67
Cobertura	3,10	15,50	12,79	8,04

Tabela 2 – Determinação do Parâmetro α para cada direção

	Direção X	Direção Y
M (kN/m)	927,1	582,58
F _{eq} (kN)	59,81	37,59
δ (cm)	3,53	0,68
Ic (m ⁴)	0,0779	0,2541
F _{V-Pav.} (cm)		753,48
F _{V-Forro} (cm)		394,76
α	0,69	0,38
Avaliação	($\alpha > \alpha_1$) → Estrutura de nós móveis	($\alpha < \alpha_1$) → Estrutura de nós fixos

Os deslocamentos horizontais no topo do edifício (δ) foi obtido com o auxílio do *software* Ftool. Os pórticos foram modelados em cada direção considerada (X e Y) e foi adotada uma barra de rigidez infinita para simular a ligação entre os pórticos. As forças de arrasto (F_i), para cada pavimento, conforme Tabela 1, foram aplicadas no nó de ligação viga-pilar de cada pavimento. A Figura 4 e a Figura 5 mostram os detalhes e os deslocamentos em cada pavimento.

Figura 4 – Pórticos associados e Deslocamentos horizontais na direção X do vento

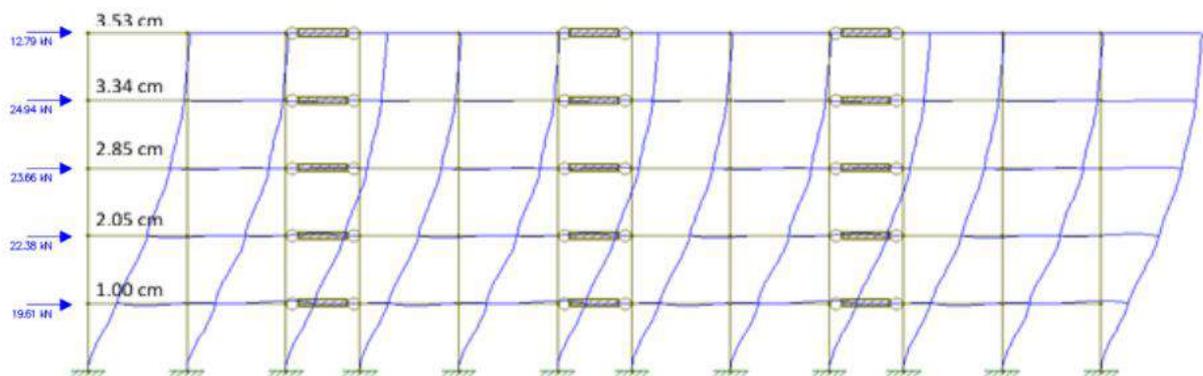
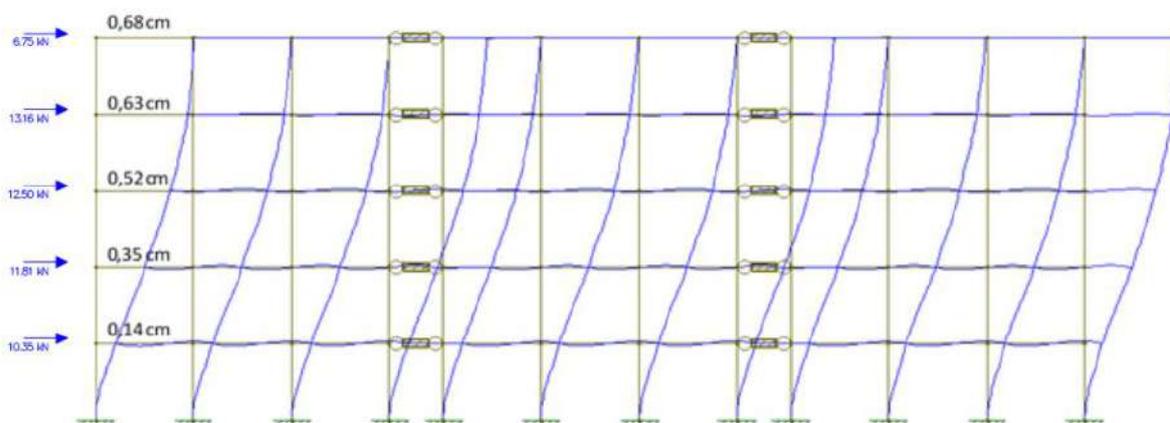


Figura 5 – Pórticos associados e deslocamentos horizontais na direção Y do vento



Usando a Equação 3 pode-se relacionar o parâmetro com o coeficiente z. Dessa forma tem-se:

$$\gamma_{z,x} = 0,90 + 0,52 \cdot 0,69 - 0,62 \cdot 0,69^2 + 0,46 \cdot 0,69^3 = 1,11$$

$$\gamma_{z,y} = 0,90 + 0,52 \cdot 0,38 - 0,62 \cdot 0,38^2 + 0,46 \cdot 0,38^3 = 1,03$$

3.2 Obtenção do Coeficiente γ_z

Neste item será feita a mesma análise do item anterior, porém, irá se empregar o Coeficiente γ_z como parâmetro de estabilidade para as direções X e Y do vento. No entanto, agora será feita a análise da não-linearidade física de maneira aproximada de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Para uma análise global de uma edificação, pode-se usar um coeficiente redutor, e dessa forma pode-se considerar um valor constante para a rigidez EI, pois esse coeficiente tem a função de simular a variação da rigidez de modo simplificado. Dessa forma tem-se de forma aproximada o efeito da não-linearidade física (MONCAYO, 2011).

De acordo com o item 15.7.3 da NBR 6118 (ABNT, 2014), os coeficientes redutores são diferentes para lajes, vigas e pilares, e se restringindo a estruturas retificadas e com no mínimo quatro andares, esses coeficientes redutores para estruturas de nós moveis são:

$(EI)_{sec} = 0,3 \cdot E_{ci} \cdot I_c$ para lajes, $(EI)_{sec} = 0,4 \cdot E_{ci} \cdot I_c$ para vigas com $A_s \neq A'_s$, $(EI)_{sec} = 0,5 \cdot E_{ci} \cdot I_c$ para vigas com $A_s = A'_s$ e $(EI)_{sec} = 0,8 \cdot E_{ci} \cdot I_c$ para pilares.

Sendo:

I_c = Momento de inércia da seção bruta de concreto, incluindo no caso de seções T, as mesas colaborantes quando for o caso;

A_s = Armadura de tração.

A'_s = Armadura de compressão, em casos de armadura dupla.

Assim, de acordo com o exposto, o Módulo de Elasticidade para os pilares foram calculados conforme apresentado abaixo e seus resultados introduzidos no *software* Ftool.

$$E_{cs, pilar} = 0,8 \times E_{ci, pilar} = 24538 \text{ MPa}$$

$$E_{cs, vigas} = 0,4 \times E_{ci, vigas} = 12269 \text{ MPa}$$

Para análise dos pórticos associados no software Ftool, além das cargas de vento já determinadas, foram adicionadas também as cargas verticais em cada andar como mostradas nas Figuras 6 e 7. Os deslocamentos dos pórticos associados são mostrados das Figuras 8 e 9.

Com as cargas horizontais e verticais atuantes na estrutura e com os deslocamentos obtidos na análise de 1ª ordem, com o auxílio do software Ftool, pôde-se determinar os valores de $\Delta M_{tot,d}$ e $M_{1,tot,d}$ para as direções x e y do vento e, posteriormente, Os valores de γ_z nas duas direções. Esses valores estão apresentados abaixo.

$$\Delta M_{tot,d}^x = 143,83 \text{ kN.m}$$

$$\Delta M_{tot,d}^y = 36,24 \text{ kN.m}$$

$$M_{1,tot,d}^x = 778,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{1,tot,d}^y = 487,37 \text{ kN.m}$$

Assim, utilizando a Equação 13, temos:

$$\gamma_{z,x} = \frac{1}{1 - \frac{143,83}{778,75}} = 1,23 \rightarrow \text{nós móveis}$$

$$\gamma_{z,y} = \frac{1}{1 - \frac{36,24}{487,37}} = 1,08 \rightarrow \text{nós fixos}$$

Figura 6 – Cargas atuante na direção X do vento

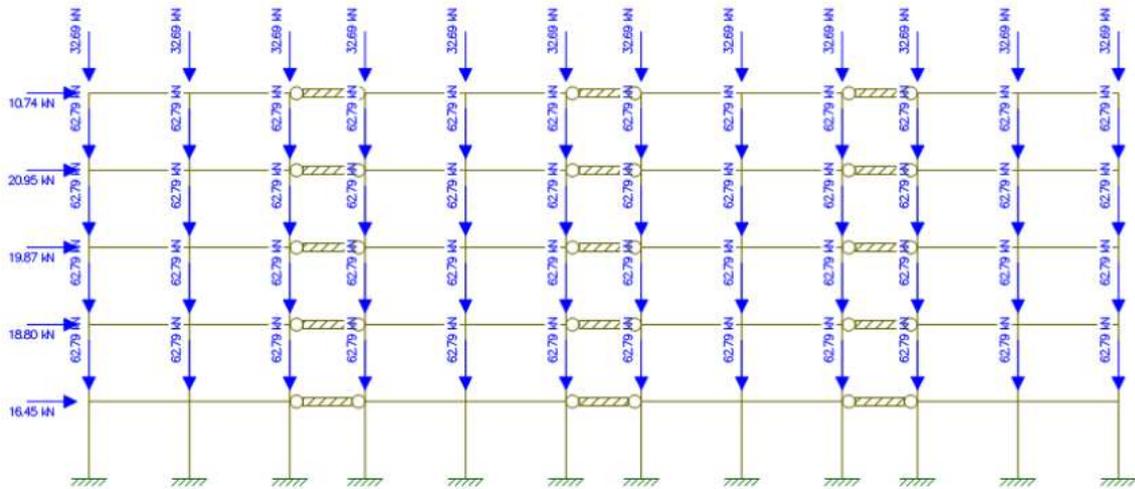


Figura 7 – Cargas atuante na direção Y do vento

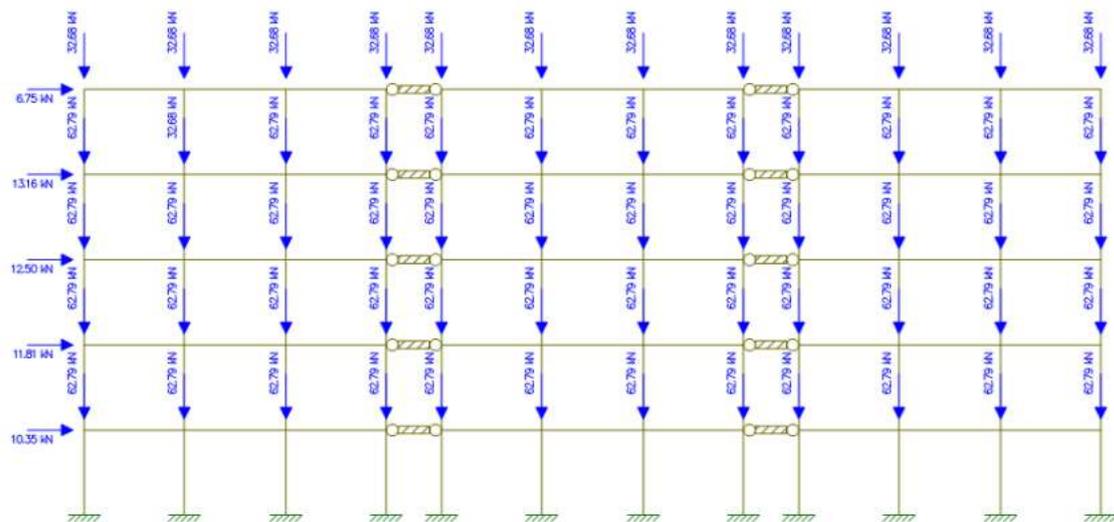


Figura 8 – Deslocamento na direção X do vento

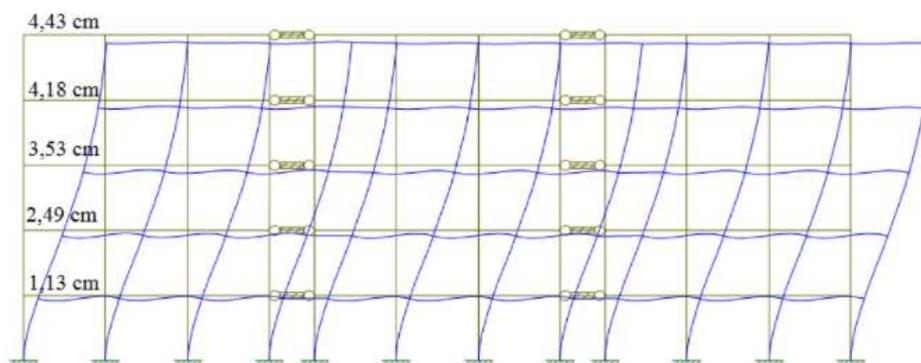
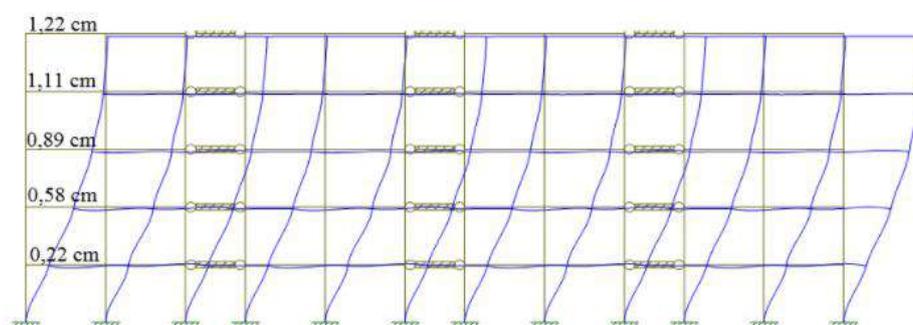


Figura 9 – Deslocamento na direção Y do vento



3.3 Avaliação do Processo $P - \Delta$ com o auxílio do Cypecad

Para a análise do modelo 3D, foi utilizado o *software* Cypecad® e buscou-se ser o mais fiel possível em relação as análises feitas nos itens anteriores, para que não houvesse divergências no *input* de cargas e parâmetros da estrutura. A Figura 10 mostra a estrutura modelada com o *software* Cypecad®. A Figura 11 mostra os deslocamentos horizontais máximos no topo do edifício após a análise da estrutura nas direções X e Y. Os valores dos deslocamentos máximos obtidos foram de 2,73 cm e 0,64 cm, nas direções X e Y, respectivamente.

Após a análise feita com o *software* Cypecad®, os valores obtidos para o parâmetro $P-\Delta$ estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Verificação da estabilidade global pelo método P-Δ.

Direção do Vento	Valores do P-Δ
Vento em +X	1,17
Vento em -X	1,17
Vento em +Y	1,05
Vento em -Y	1,05

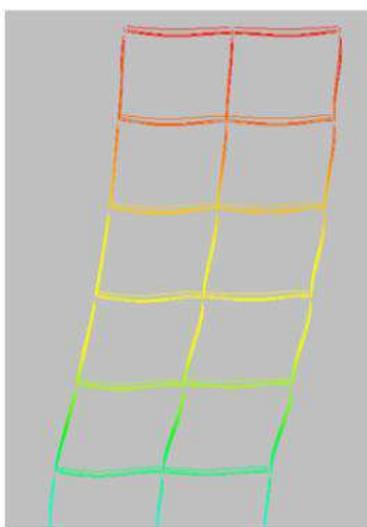
Utilizando os resultados da força de vento e dos deslocamentos obtidos a partir do Cypecad®, e fazendo os mesmos cálculos do item anterior, obteve-se os seguintes resultados:

$$\gamma_{z,x,Cypecad} = \frac{1}{1 - \frac{143,84}{778,75}} = 1,16 \rightarrow \text{nós móveis}$$
$$\gamma_{z,y,Cypecad} = \frac{1}{1 - \frac{143,84}{778,75}} = 1,05 \rightarrow \text{nós móveis}$$

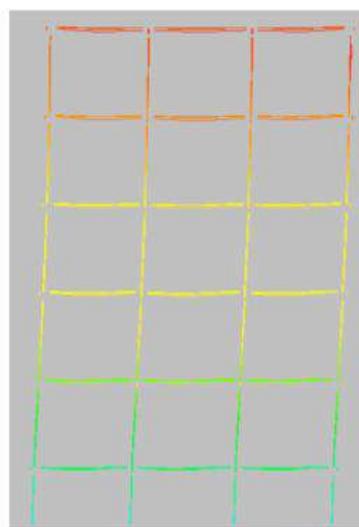
Figura 10 – Modelo 3D para a estrutura em estudo



Figura 11 – Deslocamento horizontal máximo nas direções X e Y do vento



Deslocamento horizontal na direção X

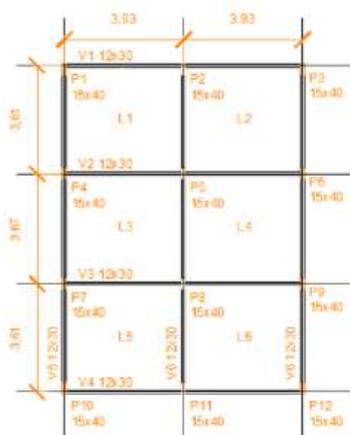


Deslocamento horizontal na direção Y

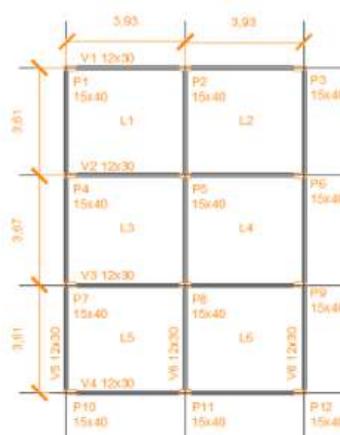
3.4 Análise de influência da rotação dos pilares da edificação

Nesse item será feita uma análise da estrutura utilizando-se para isso o processo P- Δ , com o auxílio do *software* Cypecad®, porém variando a rotação dos pilares da estrutura. Foram analisadas 4 situações de possibilidades da rotação diferente dos pilares da estrutura (Figura 12).

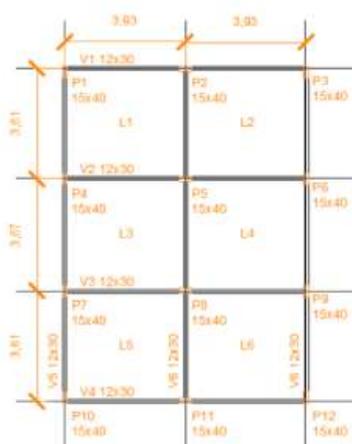
Figura 12 – Situações de possibilidades da rotação diferente dos pilares da estrutura



Situação 1



Situação 2



Situação 3



Situação 4

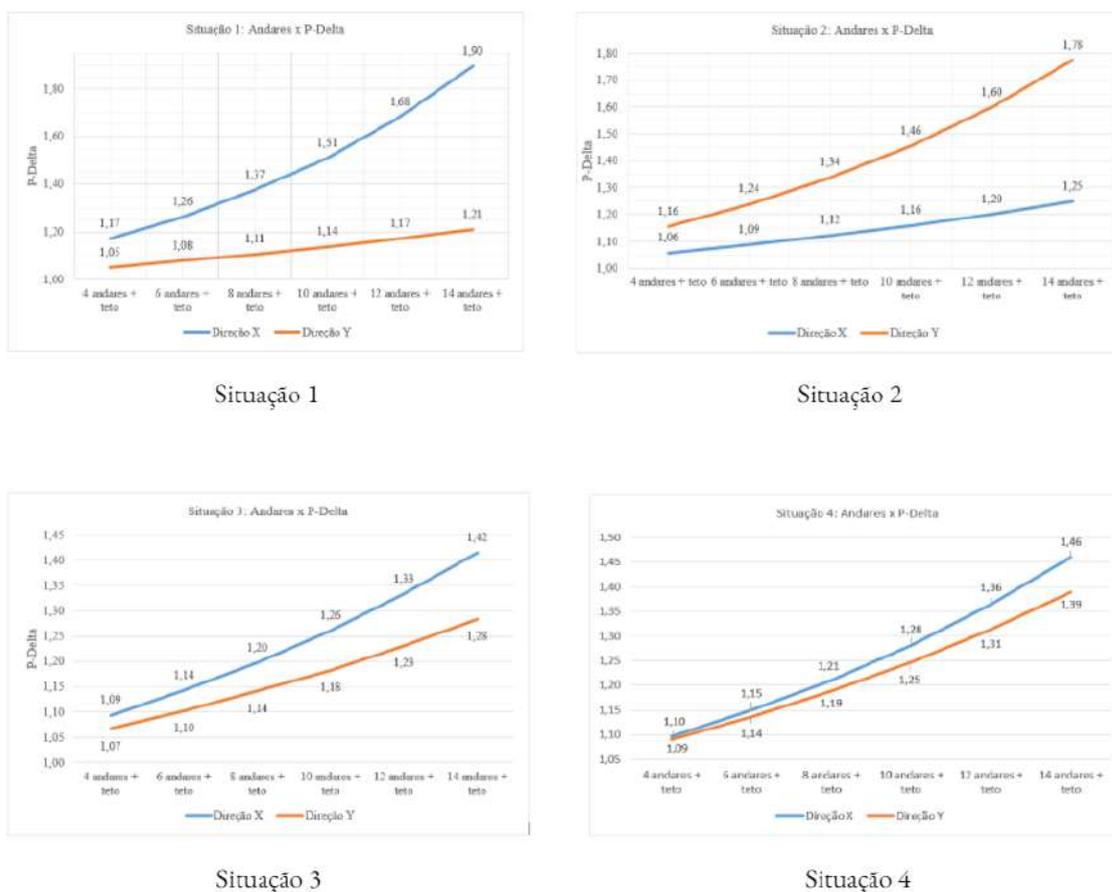
De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), é recomendado que esse parâmetro de estabilidade não ultrapasse o valor do 1,3, pois valores acima disso caracteriza estruturas muito deslocáveis.

Tabela 4 – Valores de P- Δ para as 4 situações analisadas

Processo P - Δ								
Nº de Andares	Direção X				Direção Y			
	Situação 1	Situação 2	Situação 3	Situação 4	Situação 1	Situação 2	Situação 3	Situação 4
4 andares + teto	1,17	1,06	1,09	1,10	1,05	1,16	1,07	1,09
6 andares + teto	1,26	1,09	1,14	1,15	1,08	1,24	1,10	1,14
8 andares + teto	1,37	1,12	1,20	1,21	1,11	1,34	1,14	1,19
10 andares + teto	1,51	1,16	1,26	1,28	1,14	1,46	1,18	1,25
12 andares + teto	1,68	1,20	1,33	1,36	1,17	1,60	1,23	1,31
14 andares + teto	1,90	1,25	1,42	1,46	1,21	1,78	1,28	1,39

A Figura 13 mostra a variação dos valores de P- Δ graficamente.

Figura 13 – Variação do parâmetro P-Delta em relação aos andares do edifício



A Tabela 5 mostra os resultados obtidos pelos métodos , z, P- Δ.

Tabela 5 – Resumo dos resultados obtidos a partir de cada método

Método	Direção X	Direção Y
Parâmetro	0,69	0,38
Eq. de Carmo	1,11	1,03
Coefficiente z	1,23	1,08
Processo P-Delta	1,17	1,05
Coefficiente z,x,Cypecad	1,16	1,05

4 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, percebe-se que a verificação da estabilidade global é de extrema importância no estudo e dimensionamento de estruturas de concreto armado. Os programas de análise estrutural facilitam muito o estudo de análise da estabilidade global, porém são limitados com relação aos parâmetros utilizados.

Observa-se que, para estrutura com mais de quatro pavimentos, os programas de cálculo estruturais apresentam resultados muito próximos dos cálculos feitos manualmente.

Os resultados obtidos manualmente, feitos através das estratégias fornecida pela NBR 6118:2014 junto com a análise de pórticos planos, forneceu valores com diferenças pequenas em relação aos resultados obtidos através do *software* Cypecad®, o que mostra que os resultados obtidos manualmente dão confiabilidade na análise da estabilidade global de edifícios.

Apesar dos resultados manuais nos fornecerem valores confiáveis, deve-se ter muito cuidado na definição dos carregamentos. De maneira geral, os *softwares*, como o Cypecad®, agiliza os cálculos, dando um ganho na produtividade. Porém, deve-se ter cuidado na manipulação desses *softwares*, pois para ter certeza dos dados disponibilizados pelos mesmos o engenheiro teve ter pleno domínio da sua manipulação.

Por fim, viu-se o quão importante é a análise dos parâmetros de estabilidade em uma edificação. Pois, se ignorarmos a sua análise pode-se dimensionar edifícios instáveis e não incorporar cargas importantes ao dimensionamento, que posteriormente pode vir a acarretar colapso estrutural do edifício. E que, se tomamos simples medidas, como uma adequada rotação dos pilares da estrutura, pode-se fazer com que o edifício possa ter acréscimos significativo no número de andares, algo muito valioso em uma edificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado**. Rio Grande: Dunas, v. 3, 2010.

CARMO, M. D. **Efeito de Segunda Ordem em Edifícios Usuais de Concreto Armado**. 112p. Dissertação(mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Paulo, 1995.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Paulo: Pini, v. 2, 2009.

MACIEL, A. R.; SOUZA, C. D. D.; & MOURA, L. P. D. **Análise De Estabilidade Global Em Edificações**. Trabalho de conclusão de curso, São Paulo, p. 90, 2011.

MONCAYO, W. J. Z. **Análise de segunda ordem global em edifícios**, São Paulo, p. 219, 2011.

SOBRE OS ORGANIZADORES

LUIS DE FRANÇA CAMBOIM NETO

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2002). Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (1995). Especialista em Gestão de Instituições de Ensino Superior (2010). Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Cândido Mendes (2019). Graduado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró (1986). Licenciado em Biologia (Cruzeiro do Sul (2020)). Tenho experiência junto as disciplinas: Estatística Básica, Metodologia Científico, Introdução a Engenharia, Gestão de Resíduos Sólidos, Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Produtividade e Qualidade. Projeto de Pesquisa. Elaboração e Análise de Projetos, Responsabilidade Socioambiental e Fundamentos de Ecologia. Coordenou, 2007-2008, o Curso de Pós-graduação Lato sensu em Gestão Estratégica de Instituições de Ensino Superior ligado à Rede Católica de Ensino Superior do Ceará - RECENS e de 2009 a 2010 na Faculdade Metropolitana de Fortaleza - FAMETRO. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Gestão de Instituições de Ensino Superior (IES), tendo atuado como Professor, Coordenador, Diretor Acadêmico (4 anos), Diretor Geral (1 ano), Diretor Executivo (1 ano). No Grupo Educacional FATENE foi Diretor Executivo (2009), Diretor Acadêmico (2010) Assessor Acadêmico (2011-2014), Ouvidor (2011-2012) e Coordenador da Comissão Própria de Avaliação (CPA) (2011-2013), Membro do Conselho Superior (2009 - 2018), Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão (2009 - 2018) e do Núcleo Docente Estruturante, dos cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental, Engenharia de Produção e Engenharia Civil da Fatene Caucaia (2009-2018). Atuou ainda como Assessor Técnico (2011-2014), Presidente do Comitê de Ética (2012-2014). Coordenou o Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (2009-2018) e da Pós-graduação Lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho. Coordenou o Curso de Engenharia de Produção (2014-2017) e Engenharia Civil (2017- 2018). No período de outubro de 2018 a dezembro de 2019 passou a responder como Pesquisador Institucional da Faculdade CEPEP e de março de 2019 a fevereiro de 2020 como Diretor Acadêmico, Professor, Membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE). Experiência como Docente EaD de 2019 a 2021. Membro do Corpo Editora da Editora In Vivo. Revisor da Revista Ciência Agronômica, (ISSN 0045-6888 impresso e 1806-6690 online). Como consultor atua nos seguintes segmentos: Elaboração

de Projetos (PDI, Regimento e Projetos de Cursos Técnicos e de Cursos Superiores) e Gestão de IES, Gestão Ambiental, Agricultura Irrigada, Irrigação em Jardinagem Biotecnologia da água do coco, Engenharia Agrícola, Manejo de Irrigação e Hortifrutigranjeiros.

CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8798851810906877>

AMÂNCIO DA CRUZ FILGUEIRA FILHO

Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas. Graduado em Engenharia Civil Pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), onde foi monitor na graduação de Engenharia Civil das disciplinas Teoria das Estruturas I e Teoria das Estruturas II. Foi Estagiário de agosto de 2014 até agosto de 2016 na Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco, no Núcleo de Arquitetura e Engenharia (NAE) da Agência Pernambucana de Vigilância Sanitária (APEVISA), trabalhando em análise de projetos e fiscalização em obras. Atua desde 2017 em serviços e projetos estruturais como também em projetos para implantação de indústrias do ramo alimentício. Possui Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações pela Universidade Paulista, e Mestrado em Engenharia Civil, com ênfase em Tecnologia das Construções na Universidade Católica de Pernambuco, onde atuou em Estágio Docência nas disciplinas Concreto Armado I e Concreto Armado II. Foi Professor Substituto do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão), lecionando disciplinas na área de estruturas e construção civil. Atualmente é colaborador em projetos de pesquisa ligadas a concreto armado no IF Sertão, e professor do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Integração de Pernambuco, lecionando disciplinas ligadas à projetos estruturais de edifícios e pontes. Ocupa o cargo de Diretor de Planejamento e Urbanismo da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras do Município de Salgueiro-PE. É membro associado do Instituto Nacional de Estruturas Protendidas (INAEP) e do International Association for Bridge Maintenance and Safety (IABMAS).

CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6353170691331354>

EVERTON NOGUEIRA SILVA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (2008), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Ateneu (2012), mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (2011) e doutorado em DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (UFPI/ UFRN/ FUFSE/ UESC-BA) pela Universidade Federal do Ceará (2018). Atualmente é professor no curso técnico de agronegócio do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/CE); Professor do curso de bacharelado em Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Ceará (UECE) - responsável pelas disciplinas: sociologia e extensão rural, administração e economia das empresas agropecuárias.

CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1111762467064798>

HENRIQUE NOGUEIRA SILVA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) (2002 - 2006) e Mestrado Acadêmico em Engenharia de Transportes com ênfase em infraestrutura de estradas também pela UFC (2007 - 2009). É especialista em Engenharia de Petróleo com ênfase em Engenharia de Poços pela Universidade Petrobras (2008 - 2009) e desde 2009 trabalha em atividades de campo de perfuração de poços terrestres pela Petrobras, atuando no Rio Grande do Norte e Ceará. Atualmente está cursando especialização em Engenharia de Estruturas e Fundações pela UNICID (Universidade Cidade de São Paulo) e atua em atividades de pesquisa e desenvolvimento em Otimização de Barragens de Concreto (projeto de pesquisa parceria Furnas e UFC).

CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3590168850049187>

ÍNDICE REMISSIVO

A

agressividade, 6, 8, 18, 128
agrotóxicos, 78, 81, 109, 110, 111, 112, 113, 114,
115, 116, 118, 119, 120, 121, 122
ambiental, 8, 65, 95, 105, 114, 117, 121
ambiente, 2

C

causas químicas, 8
Compostos, 6, 21, 37, 61, 76, 91, 109,
123, 137
concreto, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16,
17, 18, 19, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 36,
40, 42, 47, 49, 74, 123, 124, 125, 126,
127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134,
135, 136, 137, 139, 140, 143, 144, 150,
158, 159, 161
construção civil, 18, 22, 37, 38, 40, 41, 45,
58, 59, 74, 123, 124, 161

D

degradação, 6, 7, 8, 63
doenças do trabalho, 84, 85, 91

E

Engenharia de Segurança do Trabalho
Rural, 76
estequiometria, 64, 68
estrutura, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16,
21, 22, 24, 26, 29, 30, 31, 39, 48, 53, 63,

125, 126, 127, 128, 129, 131, 134, 137,
140, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 153,
154, 155, 158

F

Ftool, 139, 140, 148, 150

N

nanotecnologia, 62

P

patologia, 18, 22, 33, 127, 128
pulverização, 109

R

reciclagem, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46,
47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59,
61, 75
resíduos, 38, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 49, 50,
51, 53, 58, 75, 127
revestimento, 40, 41, 42, 44, 47, 57, 59,
119, 130, 132, 140
riscos ocupacionais, 76, 77, 87
ruído, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99,
100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

S

segurança no trabalho, 76, 77, 86, 118



EDITORA

IN VIVO

ACESSE:

www.editorainvivo.com

Avance na ciência! Venha ser In Vivo!