DETERMINAÇÃO DE BTEX EM AMOSTRAS AMBIENTAIS: DESENVOLVIMENTO E PROTEÇÃO DAS TECNOLOGIAS E MÉTODOS ANALÍTICOS

DETERMINATION OF BTEX IN ENVIRONMENTAL SAMPLES: DEVELOPMENT AND PROTECTION OF TECHNOLOGIES AND ANALYTICAL METHODS

PINHEIRO, Helilma de Andréa^{1*}; FERREIRA, Ana Paula Mota¹; ALVES, Ismael Carlos Braga²; SANTOS JÚNIOR, Antônio Fernandes²; SAWCZUK, Raquel Bezerra dos Santos²; VIEGAS, helmara diniz costa²; MARQUES, Aldaléa Lopes Brandes¹; NUNES, Gilvanda Silva¹

¹Programa de PG em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal-Rede BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil. Av. dos Portugueses, 1966 - São Luís-MA - CEP: 65080-805
Fone (98) 3272-9530

²Programa de PG em Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil. Av. dos Portugueses, 1966 - São Luís-MA - CEP: 65080-805
Fone (98)3272 8246

* Autor correspondente: helilmapinheiro@hotmail.com

Received 08 August 2018; received in revised form 05 November 2018; accepted 10 November 2018

RESUMO

A contaminação da água e solo por hidrocarbonetos de petróleo é relatada com bastante frequência, principalmente em função dos acidentes envolvendo transporte e estocagem de combustíveis. Entre os compostos mais tóxicos, destacam-se os mais voláteis benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX). Resíduos destes compostos podem ocasionar sérios problemas ambientais e de saúde pública. Assim, técnicas mais sensíveis, seletivas e de baixo custo, voltadas às análises e monitoramento desses contaminantes estão sendo desenvolvidas, no intuito de se estabelecer um controle operacional e atender às legislações locais, mas pouco se sabe em relação à proteção intelectual de tais tecnologias. O presente estudo mostra o panorama acerca das patentes, artigos científicos, teses e dissertações que já surgiram nesse tema. Observou-se que, juntos, os Estados Unidos e a China detêm o maior número de patentes de invenção, e que as teses e dissertações abordam com maior frequência metodologias para detecção de BTEX em água, não obstante inúmeros distúrbios ambientais causados por derramamentos de óleos no solo tenham sido reportados. Também, os métodos baseados em técnicas cromatográficas se sobressaem em relação às demais técnicas. Foi possível verificar, no entanto, avanços importantes no campo de sensores, sobretudo os eletroquímicos, de forma a resolver as lacunas analíticas.

Palavras-chave: análises de BTEX; amostras ambientais; propriedade intelectual.

ABSTRACT

The contamination of water and soil by petroleum hydrocarbons is reported quite frequently, mainly due to accidents involving transport and storage of fuels. Among the most toxic compounds the most volatile benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX). Residues of these compounds can cause serious environmental and public health troubles. Thus, more sensitive, selective and low-cost techniques, focused on the analysis and monitoring of these contaminants are being developed in order to establish operational control and to comply with local laws, but the intellectual property of such technologies is still unknown. The present study shows the panorama about patents, thesis and dissertations which have been already published on this theme. Together, the United States and China hold the largest number of patents, and most of thesis/dissertations describe methodologies for BTEX detection in water, although numerous environmental problems caused by oils in the soil had been reported. Also, the methods based on chromatographic techniques stand out in relation to the other techniques. It was possible to verify important advances in the field of sensors,

especially the electrochemical ones, in order to solve the analytical gaps.

Key-words: BTEX analysis; environmental samples; intellectual property

INTRODUÇÃO

Problemas de contaminação das águas superficiais e subterrâneas muitas vezes estão associados à presença de hidrocarbonetos de petróleo, em particular os hidrocarbonetos aromáticos especiais, como benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX). Nos países da União Européia, no Brasil e nos Estados Unidos da América, a principal fonte de contaminação por BTEX nos solos e nas águas subterrâneas deve-se a vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo para gasolina e diesel (LEE *et al.*, 2008; CESARINO *et al.*, 2012).

Também, devido à expansão da frota de veículos no Brasil, tem-se como consequência o crescimento desordenado de postos de combustíveis. O impacto ambiental direto reflete principalmente na contaminação do solo e das águas por vazamentos nos tanques de combustíveis desses estabelecimentos (LOPES, 2011).

BTEX são os constituintes da gasolina que têm maior solubilidade em água e, portanto, havendo vazamento de combustíveis, estes são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático, e caso ocorra derramamento no solo, é provável a lixiviação desses compostos, pelas águas das chuvas, para os corpos d'água superficiais (CORSEUIL *et al.*, 1994; SILVA *et al.*, 2002). A legislação voltada para a saúde pública brasileira tem sido baseada nos estudos toxicológicos e os valores máximos permitidos (VMPs) para os compostos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em água para consumo humano são de 5, 170, 200 e 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente (Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde). O benzeno é reconhecidamente o mais tóxico de todos os BTEX (SILVA *et al.*, 2002), e quando há casos de acidentes envolvendo derramamentos de óleos e/ou gasolina, a concentração de benzeno dissolvido na água pode chegar a $3 \times 10^4 \mu\text{g.L}^{-1}$ (MENDES, 1993).

Nas últimas décadas, o tema *derramamento de óleo* tem sido cada vez mais evidenciado pela comunidade científica, em função da sua elevada toxicidade, chamando a atenção dos gestores e legisladores, que

paulatinamente tornaram as leis mais rígidas e restritivas. A Resolução N° 396/2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, estabelece os níveis de concentrações de poluentes em todos os tipos de águas, e enquadra os BTEX como sendo de elevada periculosidade. Por sua vez, a Resolução N° 273/2000 dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços.

Existem vários trabalhos publicados acerca da detecção de substâncias derivadas de combustíveis em diferentes matrizes ambientais e biológicas. Os métodos descritos na literatura para determinação de BTEX e seus derivados em geral são baseados nas técnicas cromatográficas (SARAFRAZ-YAZDI *et al.*, 2013; GEBARA *et al.*, 2013) e espectroanalíticas (BULEANDRA *et al.*, 2017; QIN *et al.*, 2014). Contudo, têm sido encontrados também métodos de detecção baseados no uso de sensores eletroquímicos (MORAES *et al.*, 2011; SYS *et al.*, 2013). Tais métodos são, por natureza, rápidos, seletivos e altamente sensíveis.

O presente trabalho objetivou, pois, realizar uma prospecção acerca das metodologias voltadas à análise dos BTEX em amostras ambientais, com especial ênfase aos métodos eletroanalíticos. Pretendeu-se, ainda, apresentar um panorama em relação aos processos de propriedade intelectual das criações científicas e tecnológicas relacionadas ao tema.

PARTE EXPERIMENTAL

Este trabalho constituiu-se de uma pesquisa documental exploratória de abordagem quantitativa, tendo sido realizada no período de outubro a novembro de 2017. A pesquisa fundamentou-se na busca de patentes depositadas na base nacional (Instituto Nacional de Propriedade Industrial, INPI) e nas bases internacionais (*European Patent Office, EPO* ou *Espacenet, Derwent Innovations Index* e *United States Patent and Trademark Office, US-PTO*). Para a prospecção científica, foram realizadas buscas de teses/dissertações diretamente no Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, bem como

buscas por artigos nas seguintes bases de dados: Portal de Periódicos da Capes, *Science Direct* e *Google Acadêmico*.

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave, em português, que foram traduzidas para o inglês, por ocasião das buscas nas bases estrangeiras: Sensores **and** BTEX; Controle **and** BTEX **and** água; Controle **and** BTEX **and** solo; Método **and** detecção **and** BTEX; Detecção **and** método **and** BTEX; Método **and** detecção **and** BTEX **and** água; Detecção **and** btex **and** solo; Detecção **and** benzeno **and** xileno **and** tolueno **and** etilbenzeno; Método **and** benzeno **and** xileno **and** tolueno **and** etilbenzeno. Foram considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título ou resumo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 1 apresenta os documentos de patentes recuperados da busca empregando as palavras chaves e suas combinações.

Existem vários trabalhos descritos na literatura sobre a detecção de substâncias derivadas de combustíveis em diferentes matrizes. De acordo com Dias *et al.*, (2014), as estatísticas de patentes estão sendo cada vez mais reconhecidas como indicadores úteis da atividade inventiva e de fluxos de tecnologia, o que justifica os números encontrados na Tabela 1. Realizou-se uma seleção e descarte das patentes relacionadas a temas correlatos. O critério de exclusão baseou-se em analisar somente as matrizes água e solo.

Após a triagem, apenas 18 patentes alcançaram com maior precisão o objetivo almejado nesta busca, de acordo com o tema principal (métodos de detecção de hidrocarbonetos BTEX em água e solo), sendo este considerado um quantitativo bem reduzido. As patentes selecionadas foram analisadas mais detalhadamente para obtenção das informações contidas nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Quantitativo das patentes de invenção diretamente relacionadas ao tema análises de hidrocarbonetos BTEX em amostras ambientais.

Fonte: Autores (2018)

A Figura 1 indica que as patentes recuperadas tiveram seus depósitos em diferentes anos, e que houve igual número de patentes de invenção relacionadas ao desenvolvimento desses métodos nos dois últimos biênios. Contudo, o número de patentes ainda é inexpressivo. Evidentemente, a produção de patentes reflete o grau de desenvolvimento de uma dada tecnologia; com base nessa assertiva, percebe-se que o cenário é preocupante e indica claramente a necessidade de investimento neste campo. A Química Analítica Ambiental está alicerçada no desenvolvimento de métodos analíticos eficientes, ou seja, que possuem elevadas exatidão, sensibilidade, precisão, robustez e rapidez na obtenção dos resultados. No tocante à detecção dos BTEX, ainda há uma carência por métodos a um só tempo sensíveis e rápidos. Os Estados Unidos e a China são os países que detêm maior número de métodos desenvolvidos e protegidos para determinação de BTEX, seguido do Brasil (Figura 2). De acordo com Dias *et al.* (2014), estes resultados refletem na situação real, pois os Estados Unidos e a China são os países mundialmente reconhecidos por investirem maciçamente em C&T, com consequente crescimento tecnológico em várias áreas do conhecimento.

Figura 2. Relação entre o país de origem e o número de patentes depositadas
Fonte: Autores (2018)

A Tabela 2 apresenta o número de patentes encontradas em função da Classificação Internacional de Patentes (IPC). Observou-se no banco de depósitos do INPI, um maior número de patentes para a classificação Química, correspondente à letra C, dentro do tema hidrocarbonetos – BTEX e sensores.

Observou-se que o código G06T 7/00, no banco de dados do INPI, apresentou o maior número de patentes depositadas (365), seguidas de 134 concedidas sendo todas equivalentes ao tema em estudo. No banco de dados do US-PTO, após a busca no Códigos de IPC G06T 7/00, foi observado o maior número de patentes, seguido do código G01N 33/18. Na base de patentes *Derwent* não foi recuperado nenhum documento de patente, mesmo após refinamento por classificação IPC, o que evidenciou a importância de se fazer tal recurso, pois as palavras-chave não raramente computam documentos que não estão diretamente relacionados ao conteúdo de interesse.

Nas Tabelas 3 e 4 estão organizados os resultados da pesquisa da produção científica (artigos científicos, teses e dissertações) por palavras-chave, publicadas de 2010 até os dias de hoje.

Nota-se que existe um elevado número de publicações que envolvem o tema em questão, evidenciando que os pesquisadores têm priorizado as publicações de artigos em detrimento aos depósitos de patentes para proteção dos resultados de suas pesquisas. Realizando uma análise minuciosa dos dados da Tabela 3, torna-se evidente que a base *Google Acadêmico* contribuiu mais no tocante ao número de artigos recuperados (17.400), seguido das bases *Periódicos Capes* e *Science Direct*.

Tabela 4. Quantidade de Teses e dissertações por palavras-chave e agrupamento das palavras

Palavras-chaves	Teses e dissertações
Sensores AND Btex	154
controle AND btex AND água	876
controle AND btex AND solo	781
Método AND detecção AND btex	686
Detecção AND métodos AND btex	1360
Método AND detecção AND btex AND água	18
detecção AND btex AND solo	558
detecção AND benzeno AND xileno AND tolueno AND etilbenzeno	803
Método AND benzeno AND xileno AND tolueno AND etilbenzeno	1210

Fonte: Autores (2018)

Observou-se que para os resultados sobre teses ou dissertações, publicadas de 2010 até os dias de hoje, apenas 18 arquivos responderam melhor o tema pesquisado, sendo selecionados para uma análise mais detalhada.

A Figura 3 mostra o percentual de teses/dissertações de métodos desenvolvidos para análise dos contaminantes em diferentes tipos de matrizes analisadas. Existem vários trabalhos relacionados à análise de BTEX em amostras de água, solo e ar, com predominância de métodos para análise na matriz água.

Figura 3. Percentual de teses/dissertações relacionadas à análise de BTEX em diferentes tipos de matrizes.
Fonte: Autores (2018)

Considerando principalmente a determinação de traços de BTEX encontrados em água e em outras matrizes ambientais (SENTHIL KUMAR *et al.*, 2017; BAIMATOVA *et al.*, 2016; GONZÁLEZ *et al.*, 2017), atualmente observa-se uma tendência na realização de trabalhos científicos que envolvem desenvolvimento, otimização e validação de métodos analíticos. Porém, alguns métodos que surgiram como sendo novos, são baseados em técnicas cromatográficas convencionais, com algum aspecto inovador na etapa de tratamento da amostra (GONZÁLEZ *et al.*, 2017; BAIMATOVA *et al.*, 2016). Em outros trabalhos, é possível perceber o elevado potencial inovador do método analítico desenvolvido, como por exemplo os que envolvem sensores (ZHANG *et al.*, 2013; SARAFRAZ-YAZDI *et al.*, 2015) e imunoenaios (GHINI *et al.*, 2013) mas estes nunca chegaram a ser protegidos por patentes. Quando muito, são divulgados em artigos científicos e apresentações de trabalhos em eventos científicos.

Na Figura 4 é apresentado o percentual de teses/dissertações relacionadas à determinação de BTEX, sendo os métodos classificados de acordo com a técnica empregada. Entre as técnicas cromatográficas mais utilizadas, destacam-se: cromatografia a líquido acoplada à espectrometria de massas (LC/MS e LC/MS-MS) (CAMACHO, 2015) e cromatografia a gás com detecção por ionização de chama (GC/FID) (ANJOS, 2012) Métodos baseados em técnicas eletroanalíticas (SANTOS, 2012; SILVA, 2013) e espectrofotométricas (ROSOLINO, 2012) também foram desenvolvidos.

Figura 4. Distribuição de teses/dissertações relacionadas à determinação de BTEX, mediante classificação pela técnica instrumental explorada na metodologia analítica

Fonte: Autores (2018)

A determinação de traços de BTEX nas mais diferentes matrizes ambientais tem sido realizada tradicionalmente utilizando-se a técnica de separação/pré-concentração prévia por *headspace* (HS), em um sistema de microextração em fase sólida (MEFS), seguida pela análise por cromatografia a gás.

Ainda na Figura 4 é possível verificar que, no que diz respeito às metodologias de detecção encontradas, o maior destaque é para as técnicas cromatográficas de separação, corroborando com os achados de Bezerra (2011). Firmino (2013) estudou o planejamento experimental multivariado que permitiu a otimização das condições analíticas de extração por *headspace*, seguida de cromatografia gasosa com detecção por fotoionização em águas e efluentes contaminados por BTEX, a fim de avaliar o uso de reatores biológicos, sob condições anaeróbias e microaeróbias. Tal estudo representou uma elevada contribuição científica, uma vez que são raros os trabalhos que envolvem técnicas de otimização multivariada como o planejamento experimental.

Cesarino *et al.* (2012) desenvolveu um sensor eletroquímico à base de nanotubos de carbono de paredes múltiplas (MWCNT) e eletrodo de carbono vítreo modificado com ftalociana de cobalto (CoPc) altamente sensível aos subprodutos do benzeno. Depois disso, um biossensor foi preparado à base de nanotubos de carbono multiparedes (MWCNT), contendo como modificadores nucleosídeos de purina, por Gayathria *et al.* (2014). O sensor tem sido então empregado com elevada sensibilidade na detecção electroquímica de benzeno e seus monômeros e polissubstituídos derivados.

Apesar da boa aplicabilidade de métodos eletroquímicos em diversas matrizes, ainda existem poucas aplicações na determinação de BTEX, como observado na Figura 4; apenas 9% dos métodos descritos correspondem ao preparo e uso de sensores eletroquímicos, fato que motivou a presente pesquisa.

CONCLUSÕES:

O presente trabalho demonstrou um resultado bastante expressivo de publicações na produção científica em detrimento dos depósitos de patentes. Teses e dissertações abordaram com maior frequência metodologias para detecção de BTEX através de técnicas cromatográficas, sendo grande parte mediante

métodos convencionais e já otimizados. A maioria das patentes envolvendo novos processos para a detecção de BTEX em amostras de água foram depositadas no período de 2014 a 2017, apenas nos Estados Unidos e na China, o que demonstra uma lacuna em relação à proteção intelectual, especialmente no Brasil que apresentou apenas um único depósito nos últimos sete anos.

De um modo geral, observa-se que existe um consenso na busca de procedimentos de preparo de amostra que sejam rápidos, de baixo custo, que, quando necessário, utilizem pequenos volumes de solventes, e que permitam valores de recuperação na faixa aceitável. Também existe ainda uma grande necessidade de se desenvolver técnicas para detecção *in situ* que possam ser consideradas ferramentas capazes de identificar e confirmar a presença desses contaminantes em diferentes matrizes, sejam elas ambientais (água, solo) ou biológicas, com a devida sensibilidade e rapidez.

REFERÊNCIAS:

1. ANJOS, R. B. Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: estudo de caso na cidade de Natal -RN. 2012. 106p. Dissertação. Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2012.
2. BAIMATOVA, N., KENESSOV, B., KOZIEL, J. A., CARLSEN, L., BEKTASSOV, M., DEMYANENKO, O.P. *Talanta*, 2016, v.154, p. 46-52.
3. BEZERRA, P. G. Contaminação de águas subterrâneas por BTEX na bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. 2011. 88p. Dissertação. Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente. Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2011.
4. BULEANDRA, M.; RABINCA, A. A.; BADEA, I. A.; BALAN, A.; STAMATIN, I.; MIHAILCIUC, C.; CIUCU, A. A. *Microchimica Acta*, 2017, v.184 n.5, p.1481-1488.
5. CAMACHO, L. R. N. Avaliação do comportamento de BTEX e seus metabólitos de biodegradação em solos: Estudos de remediação em microcosmos. São Carlos. 2015. 124p. Tese. Doutorado em Química Analítica. Universidade Federal de São Carlos. 2015.
6. CESARINO, I.; MORAES, F. C.; FERREIRA, T. C.; LANZA, M. R.; MACHADO, S. A. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2012, v. 672, p. 34-39.
7. CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1997, v.2, n.2, p. 50-54.
8. DIAS, I. C.; COSTA, H. D.; FIRMO, W. C. A.; MENDES, H. B. R.; NUNES, G. S. *Revista GEINTEC*, 2016, v. 6, n. 1, p. 2874-2884.
9. FIRMINO, P. I. M. Tratamento anaeróbio e microaeróbio de águas sintéticas contaminadas com BTEX. 2013. 168p. Tese. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.
10. GAYATHRI, S. B.; KAMARAJB, P.; & ARTHANAREESWARIC, M. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 2014, v. 2, p. 211-217.
11. GEBARA, S. S.; RÉ-POPPI, N.; DO NASCIMENTO, A. L. C. S.; & JUNIOR, J. L. R. *Química Nova*, 2013, v.36, p.1030-1037.
12. GHINI, S.; MAIOLINI, E.; BOLELLI, L.; FERR, E. N. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2013, v. 403, n. 2-3, p. 555-571.
13. GONZÁLEZ, J. L.; PELL, A.; LÓPEZ-MESAS, M.; VALIENTE, M. *Science of The Total Environment*, 2017, v. 603-604, p. 109-117.
14. LEE, K. Y. *Environmental Pollution*, 2008, v.154, n.2, p. 320-329.
15. LOPES, Verushka S. M. Avaliação preliminar da contaminação por BTEX, em água subterrânea de poços tubulares, no município de NATAL/RN. Dissertação de Mestrado em Ciências e Engenharia do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Natal, 2011.
16. MENDES, R. *Revista da Associação Médica do Brasil*, 1993, v. 39, p. 249-256.
17. MORAES, F. C.; CABRAL, M. F.;

- MASCARO, L. H.; Machado, S. A. S. *Surface Science*, 2011, v. 605, n. 3, p.435-440.
18. QIN, W.; LIU, X.; CHEN, H.; YANG, J. *Analytical Methods*, 2014, v. 6, n.1, p.5734-5740.
 19. QIN, W.; LIU, X.; CHEN, H.; YANG, J. *Analytical Methods*, 2014, v. 6, n.1, p.5734-5740.
 20. ROSOLINO, P. Utilização de espectrofotômetro de infravermelho portátil para a determinação quantitativa de compostos orgânicos voláteis (BTEX) em amostras de efluentes líquidos. 2012. 116p. Dissertação. Mestrado em Saúde Ambiental. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.
 21. SANTOS, D. P. Determinação eletroquímica de fenóis após processo de degradação de benzeno usando sensor à base de nanotubos de carbono-ftalocianina de cobalto. 2012. 101p. Dissertação. Mestrado em Química Analítica. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2012.
 22. SARAFRAZ-YAZDI, A., & VATANI, H. A. *Química Nova*, 2009, v. 32, n. 6, p. 1620-1634.
 23. SARAFRAZ-YAZDI, A.; ROUNAGHI, G.; VATANI, H.; RAZAVIPANAH, I.; AMIRI, A. *Microchimica Acta*, 2015, v. 182, n. p.217–225.
 24. SARAFRAZ-YAZDI, A.; VATANI, H. A. *Journal of Chromatography A*, 2013, v. 1300, p. 104-111.
 25. SENTHIL KUMAR, M.; SIVASANKAR, V.; GOPALAKRISHNA, G.V.T. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017, v.10, p.2523–2533.
 26. SENTHIL KUMAR, M.; SIVASANKAR, V.; GOPALAKRISHNA, G.V.T. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017, v.10, p.2523–2533.
 27. SILVA, A. J. C. Tratamento eletroquímico de efluentes da indústria de petróleo. 2013. 77p. Dissertação. Mestrado em Ciências Naturais. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró. 2013.
 28. SÝS, M.; PEKEC, B.; KALCHER, K.; VYTRÁS, K. *International Journal of Electrochemical Science*, 2013, v.8, p.9030-9040.
 29. ZHANG, F.; WANG, X.; DONG, J.; QIN, N.; XU, J. *Sensors and Actuators B Chemical*, 2013, v. 186, p. 126-131, 2013.

Tabela 1. Quantidade de documentos de patentes recuperadas mediante buscas por palavras-chave e agrupamento destas nas principais bases de patentes

Palavras –chave	Número de Patentes Recuperadas			
	INPI	US-PTO	EPO	DERWENT
Sensores and BTEX	26	-	-	-
Sensors and BTEX	-	1	1	3
Controle and BTEX and água	18	-	-	-
Control and BTEX and water ;	-	40	1	16
Controle and BTEX and solo	4	-	-	-
Control and BTEX and soil	-	16	0	3
Método and detecção and BTEX	21	-	-	-
Method and detection and BTEX	-	177	3	7
Detecção and método and BTEX	21	-	-	-
Detection and method and BTEX	-	2	0	0
Método and detecção and BTEX and água	3	-	-	-
Method and detection and BTEX and water	-	170	0	5
Detecção and BTEX and solo	1	-	-	-
Detection and BTEX and soil	-	15	0	1
Detecção and benzeno and xileno and tolueno and etilbenzeno	0	-	-	-
Detection and benzene and xylene and toluene and ethylbenzene	-	61	6	41
Método and benzeno and xileno and tolueno and etilbenzeno	0	-	-	-
Method and benzene and xylene and toluene and ethylbenzene	-	4283	99	876
TOTAL	94	4765	110	952

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. EPO - *European Patent Office*. US-PTO - *United States Patent and Trademark Office*. Derwent - *Derwent Innovations Index*. **Fonte:** Autores (2018).

Tabela 2. Número de documentos recuperados, de acordo com a classificação internacional de patentes

Classificação	Número de patentes encontradas		
	INPI	EPO	US-PTO
H01M 4/02	60 Concedidas 21 Depositadas	>10.000	0
G01N27 / 12	22 Concedida 17 Depositada	>10.000	1182
G06T 7/00	134 Concedidas 365 Depositadas	>10.000	8607
G01N 33/18	81 Concedidas 51 Depositadas	>10.000	0

Fonte: Autores (2018)

(2018) H01M 4/02 - Eletrodos compostos de material ativo ou compreendendo o mesmo.

G01N27 / 12 - Investigação ou análise de materiais pelo uso de meios elétricos, eletroquímicos.

G06T 7/00 - Análise de imagem, p. ex. de bit-mapped para não bit-mapped.

G01N 33/18 - Investigação ou análise de materiais por métodos específicos não abrangidos pelos grupos.

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. EPO - *European Patent Office*.

US-PTO - *United States Patent and Trademark Office*.

Tabela 3. Quantidade de trabalhos científicos por palavras-chave e agrupamentos destas, encontrados nos principais bancos de artigos

Palavras-chaves	Quantidade de artigos científicos		
	Google Acadêmico	Science Direct	Periódicos Capes
Sensores and BTEX (hidrocarbonetos)	4250	203	10327
Controle and BTEX and água	13500	1214	2218
Controle and BTEX and solo	9980	596	1346
Método and detecção and BTEX	11700	945	1717
Deteção and métodos and BTEX	17600	23	1717
Método and detecção and BTEX and água	11500	819	2
Deteção and BTEX and solo	8710	405	1010
Deteção and benzeno and xileno and tolueno and etilbenzeno	16900	1140	1824
Método and benzeno and xileno and tolueno and etilbenzeno	17400	2266	2946
Total	111540	7611	40322

Fonte: Autores (2018)