

Atuação da Biorremediação no acúmulo de Hidrocarbonetos nos corpos hídricos e seus impactos ambientais

Performance of bioremediation in hydrocarbons accumulation in water bodies and their environmental impacts

Fagner Lopes Guedes

UEPA- Universidade do Estado do Pará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3408485092411351>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.86.06

RESUMO

O petróleo e seus derivados estão entre as fontes de energia mais utilizadas da humanidade. Seu grande consumo ocasiona em muitos casos desastres naturais que repercutem diretamente no meio ambiente ocasionando diversas alterações na fauna e flora. Diante da necessidade de utilização dessa fonte de energia, o seu beneficiamento (refino, transporte e a logística de armazenamento), acidentalmente acaba despejando diversas substâncias nocivas (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os isômeros do xileno, dentre outras) nos corpos hídricos ocasionando desastres ambientais. Diante da necessidade de recuperação das áreas degradadas pelo derramamento do petróleo buscou-se alternativas de baixo custo e menos agressivas ao meio ambiente com intuito de recuperar ao máximo o local atingido por essas substâncias. Assim, a técnica de Biorremediação que trabalha através da atuação de bactérias aeróbicas e anaeróbicas destaca-se como ferramenta primordial na recuperação desses ambientes. Logo, este trabalho de revisão bibliográfica apresenta como objetivo definir, composição química e os impactos ambientais das substâncias presentes no petróleo, além de disponibilizar a Biorremediação como ferramenta importante na recuperação dessas áreas.

Palavras-chave: petróleo. contaminação. impactos ambientais. recuperação. corpos hídricos.

ABSTRACT

Oil and its derivatives are among the most used sources of energy in humanity. Its large consumption causes in many cases natural disasters that directly affect the environment causing several changes in fauna and flora. Faced with the need to use this energy source, its beneficial (refining, transport and storage logistics) accidentally ends up dumping several harmful substances (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene isomers, among others) into water bodies causing disasters. environmental. Faced with the need to recover areas degraded by the oil spill, low-cost alternatives were sought and less aggressive to the environment in order to recover as much as possible the place affected by these substances. Thus, the Bioremediation technique that works through the action of aerobic and anaerobic bacteria stands out as a primordial tool in the recovery of these environments. Therefore, this bibliographic review work aims to define the chemical composition and environmental impacts of substances present in petroleum, in addition to providing Bioremediation as an important tool in the recovery of these areas.

Keywords: oil. contamination. environmental impacts. recovery. water bodies.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais afetados pelas práticas humanas por conta da grande quantidade de resíduos que são despejados anualmente ao ambiente. As principais intervenções poluentes são resultantes da urbanização, agricultura e das atividades industriais. Dentre as indústrias, está a usina de petróleo, que gera um grande número de substâncias tóxicas em seu processo de refino do petróleo, as quais alcança os recursos hídricos, comprometendo todo o ecossistema (SILVA, 2013).

Diante do elevado processo de industrialização e globalização, a dependência do pe-

tróleo e seus derivados ganharam destaque em relação às fontes de energias renováveis. O petróleo tem grande importância nos dias atuais, utilizado como fonte de energia, principalmente como combustível para automóveis, além de seus derivados serem transformados em plásticos, tintas, borrachas entre outros materiais. Contudo, há a preocupação quanto a contaminação em ambientes naturais (corpos hídricos) por derivados tóxicos do petróleo como destaca (BARBOSA e VAINSTEIN, 2018).

De acordo com Cardoso (2018), nas águas subterrâneas a contaminação advinda do petróleo, é causada principalmente pelo comércio dos postos de combustíveis automotivos. No processo de comercialização dessa fonte de energia as áreas contaminadas (lençóis freáticos) recebem as cargas de contaminantes oriundos de derramamentos acidentais, evaporação, corrosão dos tanques, e por defeitos estruturais dos recipientes subterrâneos que armazenam o petróleo.

No processo de beneficiamento do petróleo (refino, transporte e a logística de armazenamento) tem ocasionado diversos impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos. Essas alterações e explorações inadequadas nesses ambientes tem sido um dos principais problemas relacionados à poluição dos corpos hídricos e lençóis freáticos. Diante disso, diversas técnicas, sendo elas, físicas, químicas e biológicas foram desenvolvidas para remoção dos agentes tóxicos das áreas contaminadas reduzindo in-situ ou ex-situ o desastre natural nesses ambientes (LUCAS, 2017).

Dentre as técnicas desenvolvidas, a “biorremediação” vem sendo destacada como uma alternativa viável e promissora para o tratamento das áreas contaminadas por petróleo e seus derivados. A utilização de bactérias e fungos para diminuir ou eliminar os compostos derivados do petróleo (Hidrocarbonetos Saturados, Hidrocarbonetos aromáticos, Resinas e Asfaltenos dentre outros) destacam-se os agentes bacterianos que atuam diretamente nesse processo com estruturas eucariontes e hidrocobonoclasticos que classificam-se em gêneros *Acidovorans*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Beijemickia*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Comomonas*, *Corynebacterium*, *Cycloclasticus*, *Flavobacterium*, *Gordonia*, *Microbacterium*, *Moraxella*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Neptunomonas*, *Nocardia*, *Paracoccus*, *Pasteurella*, *Polaromonas*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Rhodococcus* e *Sphingomonas* (SIMÃO, 2015; SOUZA, 2014).

Para identificar esse tipo de contaminação, segundo Freitas *et al.*, (2016), a melhor forma é através da verificação da qualidade desses ecossistemas nas proximidades dessas localidades e a existência de hidrocarbonetos monocromáticos, como benzeno, tolueno, etilbenzeno e os isômeros do xileno (BTEX) nesses ambientes. Dentre os diversos processos naturais que sofreram derramamento dessa substância, quando tratado e controlado a poluição desses ambientes é possível observar a recuperação do mesmo ou até a sua auto recuperação. No ambiente aquático é possível notar a recuperação do local degradado através do processo de autodepuração, onde o corpo hídrico recupera-se parcialmente tornando-se mais equilibrado biologicamente (POLETTI E CUNHA, 2017).

O objetivo do trabalho foi revisar os estudos sobre os impactos ambientais causados pela extração do petróleo ocorridos nos corpos hídricos e a respeito do processo natural de Biorremediação de áreas degradadas provenientes do procedimento da extração do petróleo.

METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa exploratória, que de acordo com Gil (2008), é uma pesquisa com características descritivas por delinear percepções já existentes por outros autores, para melhor análise e comparações de experiências. As pesquisas foram realizadas pela internet, sendo utilizado bases de dados do Scielo, artigos científicos e Google acadêmico.

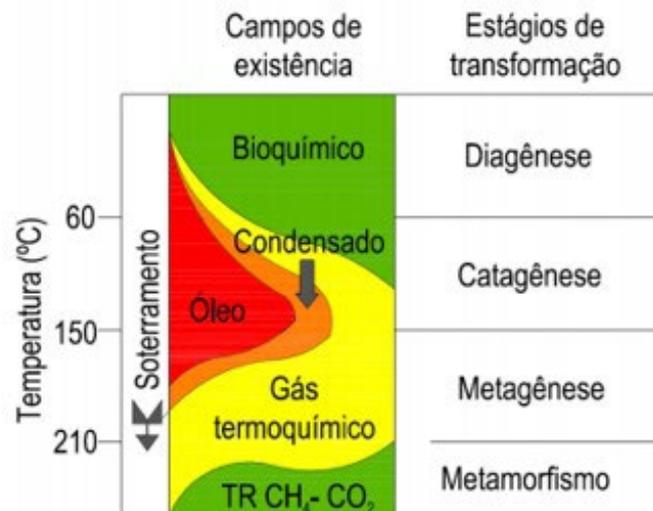
DESENVOLVIMENTO

Hidrocarbonetos e Derivados

Os hidrocarbonetos estão presentes no petróleo (latim: *petra/pedra* e *oleum/óleo*), que são encontrados nos fundos dos mares e lagos. Essa substância líquida oleosa, inflamável menos denso que a água de coloração castanho claro é produzida através da decomposição da matéria orgânica (plâncton) por bactérias em meios de baixa concentração de oxigênio (PEREIRA *et al.*, 2012).

Os compostos produzidos unicamente de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos), estão presentes na constituição da matéria orgânica de origem animal e vegetal. Os combustíveis fósseis apresentam sedimentos que em condições termoquímicas favoráveis, torna-se possível formar o petróleo (figura 1) que são divididos em: Hidrocarbonetos não aromáticos (n-alcenos, alcenos isoprenóides, olefinas e os compostos hopanóides), e policíclicos aromáticos (MORAIS, 2012).

Figura 1- Geração do petróleo em altas temperaturas através de processos termoquímicos.



Fonte: MORAIS e CORIOLANO (2016).

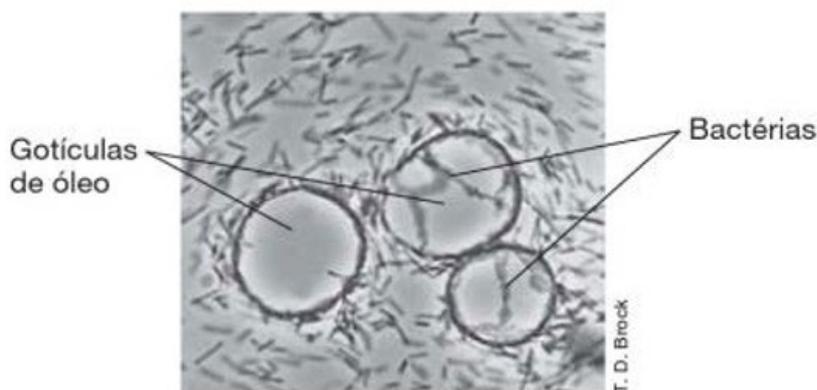
Sobre os hidrocarbonetos presentes no petróleo destaca-se:

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) são compostos mutagênicos e carcinogênicos aos humanos e aos animais, que são introduzidos no ambiente em grandes quantidades devido às atividades relacionadas à extração, ao transporte, ao refino, à transformação e à utilização do petróleo e de seus derivados. Apesar disso, a grande maioria dos microrganismos do solo não possui a capacidade de degradá-los, o que resulta na sua

Biorremediação de compostos do Petróleo

Em locais que ocorrem grandes vazamentos de petróleo (hidrocarbonetos) as substâncias que possuem ponto de ebulição pequeno volatilizam rápido restando apenas os componentes aromáticos e alifáticos de cadeias médias e longas. Para o processo de recuperação dessa área utiliza-se a biorremediação que usa nutrientes inorgânicos e as bactérias oxidantes de hidrocarbonetos (figura 2).

Figura 2 - Bactérias oxidantes de hidrocarbonetos presentes no petróleo.



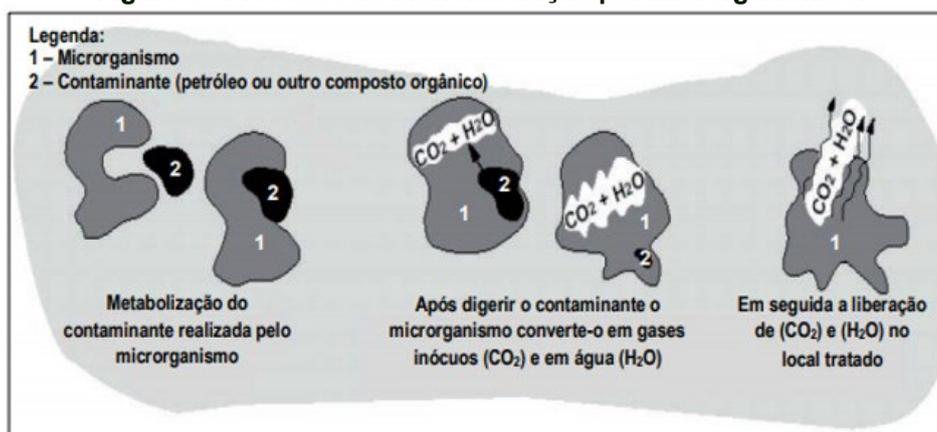
Fonte: MADIGAN *et al.*, (2016)

O processo de descontaminação de ambientes que foram despejados petróleo e seus derivados de acordo com Moraes e Coriolano (2016), podem ser recuperados pelo processo de biorremediação que utiliza fungos e bactérias e alguns fatores condicionantes como temperatura, presença de oxigênio, nutrientes, e pH, além de oferecer uma técnica de baixo custo e menor agressividade ao meio ambiente.

Ambientes contaminados por hidrocarbonetos podem ser recuperados através da ação microbiana dos biossurfactantes (biorremediação), onde esse agente despoluidor é produzido por bactérias, leveduras e fungos filamentosos, os fungos endofíticos e epifíticos. Dentre as espécies a *Curvularia clavata*, *Fusarium proliferatum* e *Phoma sp* são as principais produtoras dos biossurfactantes (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A biorremediação (figura 3) é uma alternativa eficiente para o combate (resgate) de ambientes contaminados com moléculas de difícil degradação, denominadas “recalcitrantes”, bem como também os metais tóxicos. Esse processo microbiológico surge como uma técnica de menor agressividade ao meio, baixo custo e uma maior adaptação para manutenção do equilíbrio ambiental (MORAIS e CORIOLANO, 2016).

Figura 3 - Processo de biorremediação por microrganismos.



Fonte: MORAIS e CORIOLANO (2016).

A biorremediação é um método utilizado para mitigar os danos em locais contaminados através do uso de meios biológicos que tenham capacidade de transformar ou decompor determinados poluentes. Este processo também pode ocorrer com o auxílio de tecnologias efetivas de remediação, como também pode ser bioestimulada através da adição de nutriente (AGNELLO *et al.*, 2016).

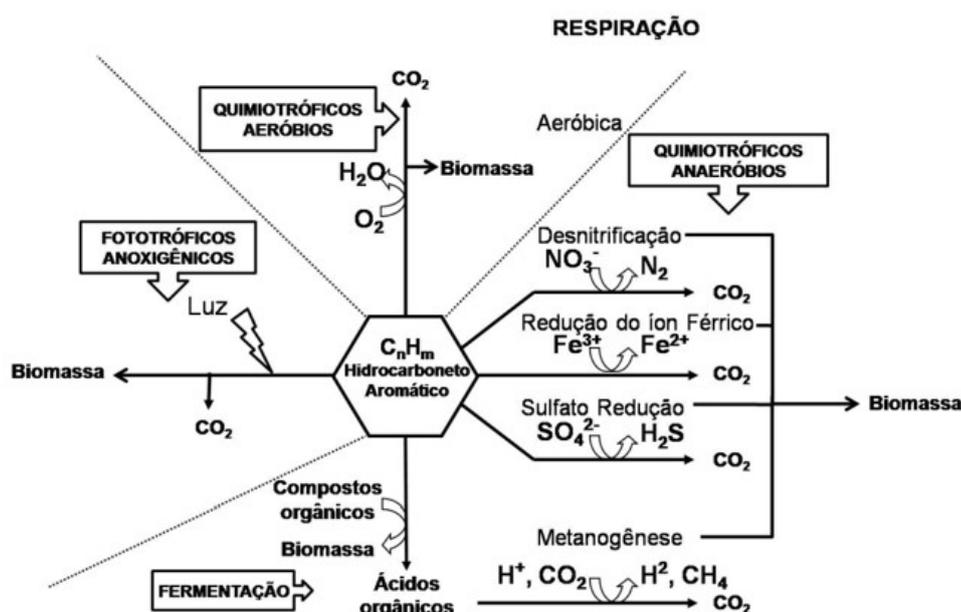
Sobre as desvantagens em relação às outras técnicas de remediação, destaca-se que certos resíduos, tais como metais pesados, não são eliminados pelos processos biológicos (embora muitos metais possam ser biorreduzidos ou bio-oxidados para menos tóxicos e formas menos móveis), além de requerer monitoramento extensivo, seus requisitos e eficiência de remoção podem variar consideravelmente de um local para outro e ainda alguns contaminantes podem estar presentes em altas concentrações que inibem os microrganismos e há um risco para acumulação de produtos tóxicos da biodegradação (CATARINO, 2016).

Ação bacteriana no processo de Biorremediação

A técnica de Biorremediação segundo Moraes (2016) e Mallmann *et al.*, (2019), proporciona algumas vantagens como: A limpeza ocorre *in situ*, o que elimina o transporte de resíduos perigosos e custos de responsabilidade, resíduos orgânicos perigosos podem ser destruídos (por exemplo, convertidos em H₂O, CO₂, e sais minerais) em vez de transferidos de uma fase para outra, assim eliminando a responsabilidade em longo prazo. Além de contar com os processos de biodegradação endógenos que podem ser mais rápidos e mais baratos (no mínimo dez vezes menos caro) e pode ser usado em conjunto com outras tecnologias de tratamento.

A destinação final do petróleo nos ecossistemas aquáticos depende de diversas interações, dentre elas a microbiana que é responsável pela quebra de diversos compostos (nitrogenados e saturados) presentes no petróleo. Caso a ação microbiana dessas bactérias aerobicamente ou anaerobicamente de acordo com a (Figura 4) não seja eficiente, irá proporcionar para o ambiente a bioacumulação na cadeia trófica e conseqüentemente desequilíbrio do ecossistema nesses ambientes (TONINI, 2010).

Figura 4 - Compostos aromáticos e a ação microbiana (aeróbia e anaeróbica) através de diversos aceptores de elétrons na respiração.



Fonte: TONINI et al., (2010)

Impactos Ambientais

A degradação do ecossistema aquático por meio do petróleo e seus derivados destaca-se entre as questões ambientais atuais. O conselho Nacional do meio ambiente (CONAMA) em sua resolução nº 001/86 conceitua o impacto ambiental como mudanças das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente. Nesse sentido, essas alterações são causadas pelas ações antrópicas afetando a saúde, segurança e qualidade de vida da população (BRASIL, 1986).

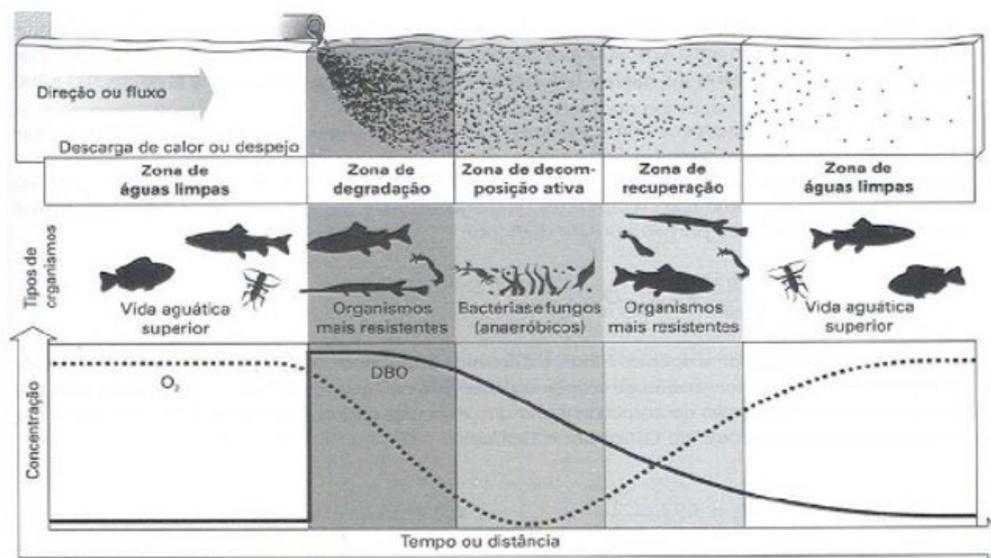
As questões ambientais oriundas da exploração petrolífera ocorridas nos corpos hídricos relacionados à extração do petróleo tais como: derramamentos de óleo; desastres ambientais (ecológicos); impacto sobre ecossistemas marinhos; poluição de manguezais, águas oceânicas, rios e do ar; superexploração de recursos naturais; extinção de espécies; consumo e captação desordenada de água; lançamento de resíduos; mananciais aterrados e saúde humana, pauta-se em leis como: Lei 6.938/81, Lei 9.478/1997 e as Resoluções do CONAMA nº 001/86 e nº 237/97, dentre outras) de competência estadual e federal que atuam como ferramentas jurídicas e fiscalizatórias sobre essas questões.

Sobre os impactos ambientais causados pela indústria petrolífera (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) - benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno “BTEX”) ocorridos nos corpos hídricos, Ifelebuegu *et al.*, (2017) destaca algumas alterações no ecossistema como, aumento de turbidez, elevação dos sólidos totais dissolvidos e suspensos, concentração de metais pesados, dentre outras substâncias nocivas ao meio ambiente. E ainda e destaque segundo estudos de Han *et al.*, (2018) que a concentração de HPAs continuaram presentes nos resíduos coletados depois de dois meses do derramamento de petróleo ter ocorrido no meio ambiente.

No processo de depuração, que é a capacidade de recuperação de lagos e lagoas de maneira natural, ainda que parte dos poluentes sejam eliminados, o equilíbrio alcançado nunca

será o mesmo de antes da poluição de um corpo hídrico, os estados físicos, químicos e biológicos são modificados. Dessa maneira, conseqüentemente, haverá o desequilíbrio na fauna e flora local (Figura 5), desencadeando alterações na biodiversidade (LIMA, 2019).

Figura 5 - processo de autodepurção e a biodiversidade



Fonte: LIMA (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre diversas fontes de energias disponibilizadas no meio ambiente o petróleo é considerado como a maior fonte energética e a mais rentável do mundo. Seu beneficiamento (refino, transporte e a logística de armazenamento) em diversos casos proporciona ao meio ambiente danos irreversíveis. Dessa forma, é notório a preocupação no processo de extração e beneficiamento do petróleo em detrimento da conservação e preservação da biodiversidade dos ecossistemas envolvidos.

Diante da necessidade de recuperação das áreas degradadas oriundas da exploração das indústrias petrolíferas nos corpos hídricos e através da revisão bibliográfica desenvolvida neste trabalho constatou-se que uma das principais ferramentas que atuam de forma natural diretamente na biodegradação dos componentes derivados do petróleo é o processo de Biorremediação que constitui uma excelente alternativa na descontaminação. Além de apresentar menores riscos ambientais em seus processos físicos e químicos e também no que diz respeito ao financeiro, não apresenta elevados custos para processo de biorremediação desses ambientes. Contudo, apesar de ter essa possibilidade de recuperação ambiental, outros fatores, como físico e químicos, não são recuperados totalmente, algumas espécies de animais podem morrer, retardar seu desenvolvimento e reprodução.

Sobre os impactos ambientais contatou-se grandes preocupações, pois, a contaminação desses dos corpos hídricos estão impactando diretamente no equilíbrio da fauna e flora. Deste modo, para a manutenção e regulação dos recursos naturais provenientes da extração e refino do petróleo é fundamental a sensibilização dos órgãos públicos e a fiel aplicação das leis ambientais, assim como, compreender as razões e relações políticas, dinâmicas sociais e espaciais para concretização das políticas de preservação e conservação dos ecossistemas naturais.

REFERÊNCIAS

- AGNELLO, A.C; BAGARD, M; VAN HULLEBUSCH, E.D; ESPOSITO, G; HUGUENOT, D. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co- contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation. *Science of the Total Environment*, v. 563-564, p. 693-703, 2016.
- BARBOSA, R.G.P; VAINSTEIN, M. H. Obtenção de microrganismos para remediação de ambientes contaminados com hidrocarbonetos. Salão de iniciação científica UFRGS, 2018. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/191666/Poster_59469.pdf?sequence=2. Acessado em: 10/05/2022.
- BRASIL. Lei federal n.º 9.433, de 9 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos e cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 9 jan. 1997.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 001/1986, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 jan. 1986. Disponível em: Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 10 de fevereiro. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <Http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>. Acesso em: 10 de fevereiro. 2022.
- CATARINO, Sofia Raquel Madalena. Biorremediação. 2016. Dissertação (Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/41900/2/Monografia%203.pdf>. Acessado em: 20/01/2022.
- CARDOSO, José Eduardo Taddei. Avaliação de técnicas de remediação em processos de contaminação da água e do solo por hidrocarbonetos. 2018. Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru. 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154760/cardoso_jet_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acessado em: 20/01/2022.
- Freitas, E. V. C.; Barreto, F. M. S.; Alencar Neto, M. F.; Cavalcante, R. M. Avaliação do uso da cromatografia gasosa para detecção de hidrocarbonetos monoaromáticos na água subterrânea na região norte do município de Fortaleza (CE). *Águas Subterrâneas*, Ceará, v. 30, n. 2, p. 289-305, 2016. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28609/18573>. Acessado em: 23/03/2022.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HAN, Y.; NAMBI, I.M.; PRABHAKAR CLEMENT, T. Environmental impacts of the Chennai oil spill accident – A case study. *Science of the Total Environment*, v. 626, p. 795-806, 2018.
- IFELEBUEGU, A.O.; UKPEBOR, J.E.; AHUKANNAH, A.U.; NNADI, E.O.; THEOPHILUS, S.C. Environmental effects of crude oil spill on the physicochemical and hydrobiological characteristics of the Nun River, Niger Delta. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 4, p. 173, 2017.
- JACQUES, R. J. S.; ZAIDA, F. M. B.; ANTONIOLLI, I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência Rural*, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, 2007.

LIMA, Iann Monteiro. Utilização do modelo matemático qual-ufmg na avaliação da capacidade de autodepuração do rio Paraíba do Sul. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental da Escola Politécnica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

LUCAS, Ana Carolina Marçal Pires Ferreira. Diagnóstico de contaminação por derivado de petróleo no solo e na água subterrânea em um terminal aquaviário: estudo de caso na cidade de Natal/RN. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Ciências e Engenharia dos Materiais. 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/23536/1/Diagn%C3%B3sticoContaminacaoDerivado_Lucas_2017.pdf. Acessado: 15/01/2022.

MORAIS, Lidiane Alves de. Avaliação da remoção de hidrocarbonetos aromáticos (BTEX) em águas utilizando materiais nanoestruturados do tipo Ti-MCM-41. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. 2012. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/17656/1/LidianeAM_DISSERT.pdf. Acessado em: 10/01/2022.

MORAIS FILHO, M.C de; CORIOLANO, Ana Catarina Fernandes. Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. *Holos*, v. 7, p. 133-150, 2016.

MADIGAN, Michael T. *et al.* Microbiologia de Brock-14ª Edição. Artmed Editora, 2016. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fk_WCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Madigan+MT,+Martinko+JM,+Bender+KS,+Buckley+DH,+Stahl+DA+\(2016\).+Microbiologia+de+Brock-14%C2%AA+Edi%C3%A7%C3%A3o.+Artmed+Editora.&ots=hvvpmczRge&sig=iFdxNokkXjiScFzO_e3d0yOIs#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fk_WCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Madigan+MT,+Martinko+JM,+Bender+KS,+Buckley+DH,+Stahl+DA+(2016).+Microbiologia+de+Brock-14%C2%AA+Edi%C3%A7%C3%A3o.+Artmed+Editora.&ots=hvvpmczRge&sig=iFdxNokkXjiScFzO_e3d0yOIs#v=onepage&q&f=false). Acessado em: 10/01/2022

MALLMANN, Viviane *et al.* As vantagens da biorremediação na qualidade ambiental. *Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, v. 23, n. 1, p. 12-15, 2019.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* Avaliação de fungos endofíticos e epifíticos com potencial para produção de biosurfactantes, isolados de macrófitas aquáticas do rio Negro em Manaus, Amazonas. *Diversidade Microbiana da Amazônia*, 2015. v.1 p. 128 – 138. Disponível em: file:///C:/Users/pc/Downloads/diversidade_microbiana_vol1.pdf. Acessado em: 10/01/2022.

POLETTI, E. Cristina C.; DA CUNHA, A. C. O Processo de Autodepuração do Ribeirão Tatu: Modelagem e Simulações. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, v. 5, n. 1, 2017.

PEREIRA, D. S.; GOMES, R. C.; SEMÊDO, L. T.A.S. Potencial das Actinobactérias na Biodegradação de Hidrocarbonetos. *Revista Eletrônica TECCEN*, v. 5, n. 2, p. 71-96, 2012.

SOUZA, E. C.; VESSONI-PENNA, T.C; DE SOUZA OLIVEIRA, R. P. Biosurfactant-enhanced hydrocarbon bioremediation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 89, p. 88-94, 2014.

SIMÃO, C. J. B. *et al.* A biorremediação como técnica de tratamento de efluentes contaminados por petróleo. *Blucher Chemistry Proceedings*, v. 3, n. 1, p. 821-830, 2015.

TONINI, R. M. C. W; DE REZENDE, C. E.; GRATIVOL, A. D. Degradação e biorremediação de compostos do petróleo por bactérias: revisão. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 4, p. 1025-1035, 2010.