



## 765 – FITOTOXICIDADE DE SOLO CONTAMINADO DE BACIAS DE CONTENÇÃO DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE DIESEL

### **Arthur Fernandes Gonçalves<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela UERJ; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela UERJ.

### **Clayton Veríssimo Hashimoto<sup>(2)</sup>**

Analista Ambiental Biólogo (PETROBRAS). Mestre em Engenharia Ambiental pela UERJ. Doutorando em Engenharia Ambiental pela UERJ.

### **Giulianna Teixeira Lopes<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária UERJ

### **Pedro Gonçalves de Assis Faria<sup>(4)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária UERJ

### **Elisabeth Ritter<sup>(5)</sup>**

Engenharia Civil pela UFRGS; Mestrado em Geotecnia pela PUC-Rio; Doutorado em Geotecnia Ambiental pela COPPE/UF RJ; Professora Titular no Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ.

**Endereço:** R. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20550-013, Brasil, Tel. (21) 99327-7077; e-mail: [arthurfernandesgon@gmail.com](mailto:arthurfernandesgon@gmail.com).

## **RESUMO**

O óleo diesel está entre os derivados de petróleo mais difundidos atualmente, tendo sido registrado um aumento na sua produção nos últimos anos no Brasil. Bastante empregado como combustível no transporte rodoviário, o risco de acidentes também se eleva, principalmente por vazamentos em dutos e tanques de armazenamento, o que reforça a necessidade de bacias de contenção mais impermeáveis para evitar a percolação do contaminante até o lençol freático. Por esse motivo, torna-se importante realizar a caracterização dos solos das bacias de contenção, bem como aferir a toxicidade do contaminante percolado através de testes ecotoxicológicos com organismos bioindicadores, que possuem a capacidade de avaliar potenciais impactos ao ambiente. Ensaios geotécnicos e físico-químicos foram realizados em quatro amostras de solo coletadas em uma indústria atacadista de derivados de petróleo, as quais posteriormente foram submetidas a ensaios de fitotoxicidade com alface (*Lactuca sativa*). Os resultados mostraram que os solos CM e CB apresentaram característica siltosa, enquanto os solos FB e SL classificaram-se como areia argilosa. O diesel também aparenta ter alterado o LL e IP dos solos contaminados, além de ter retardado o desenvolvimento da alface, que só atingiu 80% de germinação das sementes após 132h de ensaio nos solos CM, CB e FB contra 80%-85% de germinação no solo SLU e SLS, solo limpo seco e solo limpo úmido, respectivamente, após 96h. Entre os solos contaminados, o solo FB apresentou melhores condições iniciais de desenvolvimento para o vegetal, provavelmente devido ao maior teor de nutrientes e umidade proporcionado pela presença de gramíneas, ausente nos solos CM e CB. No entanto, nestes dois últimos, a média de germinação foi a mesma do solo FB ao final de 132h de incubação,  $\geq 80\%$ . A umidade também aparenta ter influenciado o crescimento da alface, cuja parte aérea foi mais desenvolvida nos solos SLS e SLU que em CM, CB e FB. Ao final, recomenda-se a análise de fatores que possam influenciar o crescimento vegetal, tais como a presença de nutrientes, o tempo de contaminação e a granulometria do solo.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Solo contaminado, diesel, bacia de contenção, fitotoxicidade, bioindicadores.

## INTRODUÇÃO

Os derivados de petróleo podem causar diversos impactos ambientais, sendo o solo um dos principais compartimentos afetados pelas contaminações. A introdução destes produtos pode se dar através de diversas fontes antropogênicas advindas de eventos crônicos ou agudos, dentre os quais os despejos domésticos e industriais, drenagens pluviais urbanas, efluentes da indústria petrolífera e derrames acidentais de óleo e derivados (MENICONI, 2007).

No processo de refino, o petróleo passa por uma série de beneficiamentos que englobam etapas físicas e químicas de separação que originam as grandes frações de destilação (MARIANO, 2001). Assim, são produzidos diversos derivados de valor comercial, tais como o diesel, a gasolina, o GLP e o querosene (ANP, 2020), formados por complexas misturas de compostos orgânicos.

Dentre os derivados de petróleo, destaca-se o óleo diesel, constituído principalmente por hidrocarbonetos e, em menor quantidade, por oxigênio, nitrogênio e enxofre. O diesel é um dos combustíveis mais consumidos no Brasil, impulsionado pelo seu uso no transporte rodoviário. Segundo a Petrobras, no ano de 2021 foi registrado um aumento de 34,7% na comercialização do produto em relação ao ano anterior, alcançando um total de 21,2 bilhões de litros (GRANDA, 2022), e um aumento no consumo aparente de 6,9% quando comparado o período jun/21 a mai/22 com o período de jun/20 a mai/21 (MME, 2022). Essa tendência continuou no ano seguinte, com um consumo de 56,7 bilhões de litros de combustíveis só nos primeiros cinco meses de 2022, alta de 2,9% em relação a 2021 (EPE, 2023; UOL, 2022).

Esse uso difundido do diesel aumenta o risco de vazamentos, tais como em tanques e dutos (ORTEGA *et al.*, 2019). Para prevenir acidentes deste tipo, a forma mais utilizada na contenção de contaminantes orgânicos é a de bacias de contenção com solo compactado em áreas de armazenamentos. No entanto, é sabido que tais contaminantes atuam sobre a dupla camada elétrica que envolve as partículas de solo, o que resulta no aumento da permeabilidade de hidrocarbonetos no solo (MACHADO *et al.*, 2019).

A ABNT – NBR 17505 prevê a utilização de água como substância permeante de referência na compactação das camadas das bacias de contenção onde se localizam os tanques de combustível (ABNT, 2013). Mais especificamente, essas camadas devem prover permeabilidade hidráulica  $k_w \leq 1 \times 10^{-8}$  m/s, o que pode não ser suficiente para deter a contaminação por derivados de petróleo (MACHADO *et al.*, 2019), fazendo com que esses contaminantes ultrapassem a bacia de contenção e atinjam o lençol freático.

Por este motivo, testes diretos com organismos bioindicadores são importantes para aferir a toxicidade do contaminante percolado ao longo do solo, principalmente aqueles com características hidrofóbicas (CRUZ *et al.*, 2014), identificando distúrbios ambientais ou mudanças no estado do ambiente (SILVA, 2010). Dessa forma, os organismos bioindicadores mostram-se importantes ferramentas de avaliação dos impactos da ação do homem no ambiente (VIEIRA *et al.*, 2014).

## OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo realizar análises geotécnicas e físico-químicas em solos de bacias de contenção de tanques de armazenamento de hidrocarbonetos em uma empresa atacadista de derivados no estado do Rio de Janeiro, com posterior análise ecotoxicológica para avaliação do grau de contaminação dos solos.

## METODOLOGIA UTILIZADA

Quatro amostras de solo foram coletadas na área de tancagem de hidrocarbonetos de uma empresa atacadista de derivados no estado do Rio de Janeiro. Três dessas amostras são de uma área próxima a um tanque de diesel S-10, sendo a primeira coletada diretamente do solo da bacia de contenção (CB); e a segunda coletada em um monte de solo raspado da própria bacia (CM) que aguardava remoção para tratamento. Estas duas amostras de solo apresentavam histórico de contaminação por diesel, sendo o último evento ocorrido há cerca de 1 ano. O monte de solo havia sido raspado há cerca de 30 dias. A terceira amostra situava-se em um ponto fora da bacia de contenção (FB) do tanque de diesel, a princípio, sem registro de contaminação.

Já a quarta amostra era oriunda da bacia de contenção de um tanque de óleo cru. Este solo é proveniente de uma área de mineração no estado Rio de Janeiro sem histórico de contaminação e havia sido recentemente compactado na bacia como solo limpo (SL), em substituição ao solo que fora contaminado por óleo cru.

Com exceção do solo do monte (CM), coletado a uma altura de 40-50 cm do solo, todos os demais foram coletados a uma profundidade de 0-20 cm.

As quatro amostras de solo foram submetidas à definição dos padrões geotécnicos seguindo as normas NBR 7180 (Limite de Plasticidade), NBR 6459 (Limite de Liquidez), NBR 7182 (ensaio de compactação), NBR 7181 (análise granulométrica).

Para as análises físico-químicas, os solos foram lixiviados em água destilada em proporção 1:2 (massa:massa) e o sobrenadante analisado para pH, condutividade, cloreto e nitrogênio amoniacal, seguindo as metodologias 4500 – H+ B, 2510 B, 4500-Cl- B e 4500-NH3 D, respectivamente (APHA, 2012). A análise de carbono orgânico total foi realizada por um analisador da marca Shimadzu, modelo SSM 5000A TOC, com amostras de 1g de solo. A análise de óleos e graxas foi realizada gravimetricamente com extrator Soxhlet, seguindo a metodologia 5520 adaptada (APHA, *op. cit.*). Alíquotas de 3g de massa seca de solo foram posicionadas em dobraduras de filtro de papel no cartucho. Este foi adicionado e mantido no sistema Soxhlet por 4h sendo a extração realizada por diclorometano.

Para as análises ecotoxicológicas, os ensaios de germinação seguiram a metodologia proposta por Rabelo *et al.* (2018), avaliando o crescimento das raízes e da parte aérea dos vegetas. No caso, os solos foram secos ao ar e passados por peneiras de 2 mm para homogeneização. Posteriormente, 30g de massa seca de cada solo foram adicionadas em placas de Petri de aproximadamente 15 cm de diâmetro. Um papel de filtro foi posicionado sobre o solo e 10 sementes de alface (*Lactuca sativa*) colocadas sobre ele. O conjunto foi então umedecido com água destilada até que o solo atingisse 40% de umidade teórica. Um tratamento foi preparado sem a secagem prévia das amostras SL, havendo somente a correção de suas umidades (SLU). Já as amostras que foram secas antes da correção de umidade foram denominadas SLS. Todos os preparos foram realizados em quadruplicata e as placas mantidas sob temperatura constante de 23°C durante 132h, sem incidência de luminosidade. A contagem das sementes germinadas ocorreu em 48h, 96h e 132h após o início do ensaio. Ao final das 132h, foram medidas as raízes e as partes aéreas das sementes germinadas.

Para análises estatísticas, com o cumprimento das premissas para análise de variância (ANOVA) e quando observada diferença entre os grupos, o teste a posteriori de Tukey foi realizado para identificar quais grupos foram diferentes de quais. Os testes foram executados através do software R. Foi calculado também o índice parte área/raiz (IPAR) proposto por Marmiroli *et al.* (2022).

$$IPAR = \frac{L_s}{L_r} \times 100$$

Onde  $L_s$  é o comprimento da parte aérea (mm) e  $L_r$  é o comprimento da raiz (mm).

## RESULTADOS OBTIDOS

Os parâmetros geotécnicos e físico-químicos das quatro amostras de solo seguem apresentados na Tabela 1. Os solos CM e CB são siltosos e os solos FB e SL são arenosos. O índice de plasticidade de SL foi o mais baixo, 14,7, enquanto para os outros solos quase não variou entre eles (19,2 a 19,6). A umidade de campo do solo SL (22,7 %) também é muito distinta dos outros solos (1,2-3,5 %)

**Tabela 1: Caracterização dos solos.**

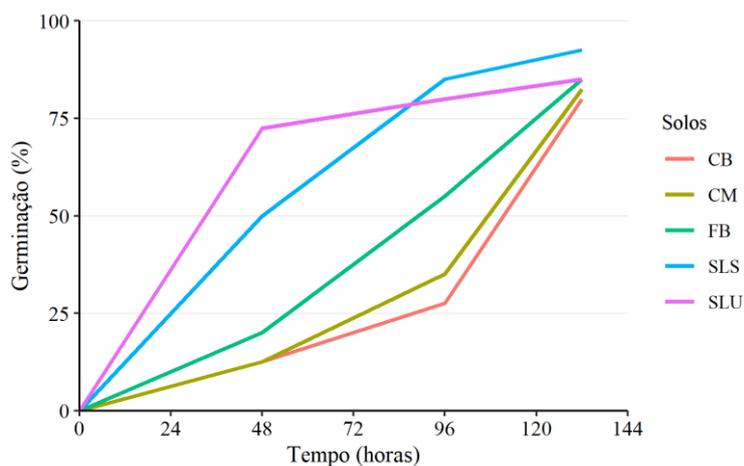
PARÂMETRO	CM	CB	FB	SL
Areia (%)	49	48	56	52
Silte (%)	27	33	27	22
Argila (%)	24	19	17	26
Classificação (SUCS)	ML (silte de baixa compressibilidade)	MH (silte de alta compressibilidade)	SC (areia argilosa)	SC (areia argilosa)

Densidade real dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,69	2,73	2,63	2,67
LL (%)	48,8	50,6	47,3	42,7
LP (%)	29,4	31,4	27,7	28
IP (%)	19,4	19,2	19,6	14,7
Densidade seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	*	1,45	1,45	1,68
Umidade ótima (%)	*	23	23	18
Umidade de campo (%)	1,5	1,2	3,5	22,7
Matéria orgânica (%)	9,2	8,5	9,1	3,9
pH	6,2	4,05	5,7	4,26
Condutividade elétrica (μS/cm)	329,7	113,3	29,4	38,6
Cloreto (mg/L)	8,6	20,7	0	**
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	8,1	3,7	4,9	**
Carbono orgânico total (mg/kg)	6,4	2,12	10,78	**
Óleos e graxas (mg/g)	23,66	9,03	19,4	2,91

\* Parâmetros não determinados pelo fato da amostra CM ter a mesma origem da amostra CB.

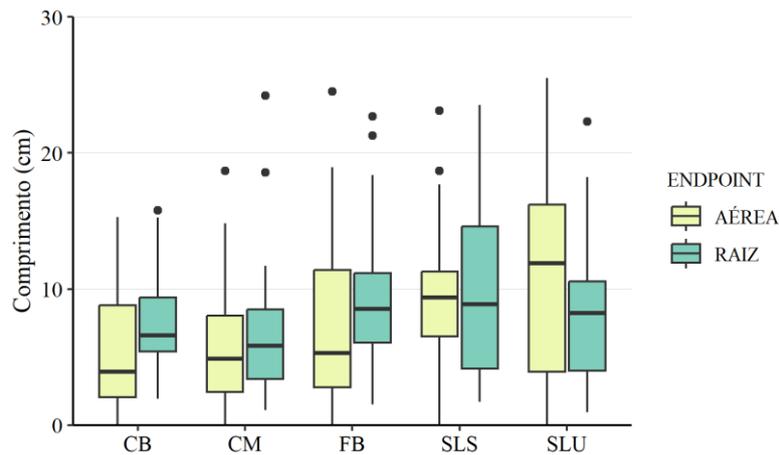
\*\* Resultados não foram válidos.

O resultado de fitotoxicidade para o ensaio de germinação segue apresentado na Figura 1. A germinação foi contabilizada nos tempos 48h e 96h terminando no tempo 132h. Pode-se observar que desde 48h o ranking de germinação se deu como SL>FB>CM>CB. Entre SL, SLU às 48h apresenta mais sementes germinadas e ao final do experimento, SLS apresenta percentual de germinação superior, ultrapassando 90%. Os solos FB, CM e CB apresentam maior disparidade em 96h, mas em 132h apresentam percentual de germinação similar a SLU, de aproximadamente 80%.



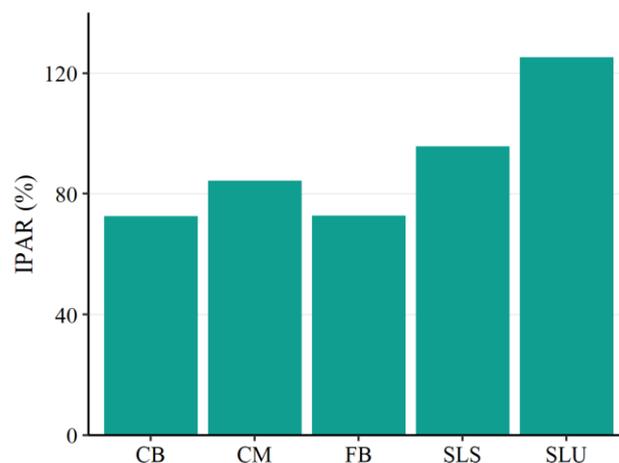
**Figura 1: Gráfico de germinação pelo tempo de ensaio.**

Os resultados do ensaio de fitotoxicidade relacionados ao comprimento da parte aérea e da raiz das alfaces, ambos em milímetros, seguem apresentados na Figura 2.



**Figura 2: Crescimento da parte aérea e raiz das alfices.**

Os resultados obtidos para o IPAR seguem apresentados na Figura 3.



**Figura 3: Resultados do IPAR em cada um dos solos analisados.**

### ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os solos das bacias de contenção dos tanques de diesel e óleo cru possuem características muito próximas: os solos CM e CB apresentaram granulometria similar, com característica siltosa, enquanto os solos FB e SL foram classificados como areia argilosa. É possível que tais similaridades tenham ocorrido pelo fato dos solos CM/CB e FB/SL terem sido retirados de um mesmo ponto da jazida.

Em relação aos índices de Atterberg, é possível verificar uma diferença nos valores dos solos CM, CB e FB comparados ao SL, particularmente em relação ao LL e IP, onde os valores de SL foram menores que os demais. Segundo Tong et al. (2012), a presença de contaminação por diesel pode influenciar o comportamento do solo, alterando tais índices.

Assim como os solos CM e CB, o solo FB, situado do lado externo da bacia de contenção, também apresentou indícios de contaminação por hidrocarbonetos, o que pode ter sido causado pela deposição do diesel volatilizado presente na atmosfera ou mesmo por algum vazamento de água contaminada pelo sistema de drenagem da bacia, que poderia estar danificado.

Para o ensaio de germinação, nota-se que os solos CM, CB e FB somente atingiram a faixa de 80% de germinação das sementes após 132h de ensaio. Em contrapartida, ambos os solos SLU e SLS atingiram, respectivamente, 80 e 85% de germinação após 96h de ensaio. Apesar de CM, CB e FB possuírem maior teor de matéria orgânica e pH mais elevado, parâmetro importante para o cultivo da alface (Souza et al., 2013), os solos SLU e SLS possibilitaram uma germinação mais rápida, provavelmente devido à ausência de efeitos deletérios causados pela presença do diesel.

Por sua vez, o solo FB apresentou condições iniciais de germinação melhores que os solos CM e CB, o que fez com que 55% das sementes germinassem após 96h de ensaio contra 35% e 28% de CM e CB, respectivamente. Provavelmente este resultado se deve a maior presença de vegetação (gramíneas) na área de FB, o que proporcionou mais nutrientes e umidade disponíveis ao desenvolvimento vegetal, mesmo com um teor de areia maior (56%).

Destaca-se a menor concentração de óleos no solo CB (9,03 mg/g), com contaminação mais antiga, se comparado com CM (23,66 mg/g) e FB (19,4 mg/g). Isto pode ter ocorrido pela degradação dos hidrocarbonetos promovida pelos microrganismos autóctones do solo da região. Observa-se, no entanto, que este solo apresentou maior efeito sobre a germinação da *L. sativa*. Cruz et al. (2014) verificaram que mesmo após a degradação dos hidrocarbonetos mais leves, o solo contaminado com diesel também apresentou toxicidade para a alface.

Apesar disso, ao fim do período de incubação (132h), obteve-se média  $\geq 80\%$  de germinação em todos estes três solos, o que mostra que o vegetal consegue fazer proveito da umidade e da matéria orgânica disponíveis no solo contaminado após vencida a barreira da germinação. Destaca-se, portanto, a necessidade de realizar a contagem de organismos germinados em diversos momentos de ensaio para avaliar o desenvolvimento vegetal.

É possível observar uma notável diferença no crescimento da parte aérea dos vegetais cultivados nos solos contaminados (CM, CB e FB) em comparação com os solos SLS e SLU. Por outro lado, tal diferença não foi observada de maneira proeminente no crescimento das raízes. De acordo com testes estatísticos ANOVA e de Tukey, só é possível estabelecer diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o solo SLU e os outros solos CM e CB para o crescimento da porção aérea, indicando possível influência da umidade no resultado. No entanto, analisando visualmente a Figura 3, é notável a diferença entre o crescimento da porção aérea dos solos CM, CB e FB, que se mostraram menores quando comparado ao solo SLU.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

As análises geotécnicas dos solos das bacias de contenção apresentaram resultados semelhantes por serem oriundos da mesma jazida. As análises físico-químicas indicaram possível contaminação por diesel no solo da bacia de contenção (CB e CM) com histórico de vazamentos recentes. Esta contaminação também foi observada em amostra de solo superficial coletado fora da bacia (FB), de 19,4 mg/g. Já o solo coletado na bacia de tanque de óleo cru (SL) não apresentou contaminação.

O ensaio de fitotoxicidade indicou retardamento da germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa*), mas com estabilização e similaridade no resultado após 132h de ensaio. Foi realizado teste de crescimento aéreo e radicular, onde foi observado maior incremento na porção aérea no solo SLS e SLU.

Por fim, recomenda-se a realização de mais análises para avaliar outros fatores que podem influenciar o crescimento vegetal, tais como a presença de nutrientes, o tempo de contaminação e a granulometria do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ABNT-NBR-17505: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – parte 1: disposições gerais. ABNT, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
2. ANP. Refino de petróleo. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/refino-petroleo>>. Acesso em: 24 mar. 2023.
3. APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22. ed. [s.l.] American Public Health Association, 2012.
4. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Perspectivas para o Mercado Brasileiro de Combustíveis no Curto Prazo. Fev. 2023. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-594/topico-671/Perspectivas%20para%20o%20Mercado%20Brasileiro%20de%20Combust%C3%ADveis%20no%20Curto%20Prazo\\_2023-02.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-594/topico-671/Perspectivas%20para%20o%20Mercado%20Brasileiro%20de%20Combust%C3%ADveis%20no%20Curto%20Prazo_2023-02.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2023.

5. CRUZ, J. M.; TAMADA, I. S.; MATOS LOPES, P. R.; MONTAGNOLLI, R. N.; BIDOIA, E. D. *Biodegradation and phytotoxicity of biodiesel, diesel, and petroleum in soil*. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 225, n. 5, p. 1-9, 2014.
6. GRANDA, A. Petrobras registra recorde de produção e venda de diesel S-10 em 2021. Agência Brasil, 2022. Disponível em < <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-01/petrobras-registra-recorde-de-producao-e-venda-de-diesel-s-10-em-2021>>. Acesso em: 22 de dez. de 2022.
7. MACHADO, S. L.; CARVALHO, M. F.; CARVALHO, Z. S.; KARIMPOUR-FARD, M.; MARIZ, D. G. *Optimal ranges of soil index properties for diesel containment using compacted barriers*. *Environmental Geotechnics*, v. 7, n. 8, p. 540-553, 2019.
8. MARIANO, J. B. Impactos ambientais do refino de petróleo. 2001. Dissertação de Mestrado-Ciências em Planejamento Energético-Pós-graduação de Engenharia-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
9. MARMIROLI, M.; CALDARA, M.; PANTALONE, S.; MALCEVSCHI, A.; MAESTRI, E.; KELLER, A. A.; MARMIROLI, N. *Building a risk matrix for the safety assessment of wood derived biochars*. *Science of The Total Environment*, v. 839, 2022.
10. MENICONI, M. F. G. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no meio ambiente: diferenciação de fontes em sedimentos e metabólitos em bile de peixes. 2007. Tese de Doutorado-Química-Programa de Pós-graduação em Química-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
11. MINISTÉRIO DAS MINAS DE ENERGIA. Relatório do Mercado de Derivados de Petróleo, n. 198, jun-2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/publicacoes-1/relatorio-mensal-do-mercado-de-derivados-de-petroleo/2022/relatorio-mensal-de-mercado-jun-22-198.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2023.
12. ORTEGA, M. F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M. J.; BOLONIO, D.; CANOIRA, L.; LLAMAS, J. F. *Weighted linear models for simulation and prediction of biodegradation in diesel polluted soils*. *Science of the Total Environment*, v. 686, p. 580-589, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.441>>.
13. RABELO, T. S.; FÉLIX, L. C.; PINTO, S. M. O.; ROSA, V. P. B.; COELHO, F. P.; PEREIRA, C. M. M.; RITTER, E.; BILA, D. M. Otimização de ensaios de germinação para avaliação toxicológica de solos contaminados por efluentes oleosos. In: XV Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia - ECOTOX 2018, 2018. Anais do XV Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia-XV ECOTOX, 2018. v. único. p. 2998-1000.
14. SILVA, G. A. V. Manual de avaliação e monitoramento de integridade ecológica, com uso de bioindicadores e ecologia de paisagens. 2010. Dissertação de Mestrado-Ecologia-Pós-graduação em Conservação e Sustentabilidade-Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, 2010.
15. SOUZA, R. A.; MONÇÃO, O. P.; SOUZA, H. B.; OLIVEIRA, J. S.; REIS, T. C. Efeito da cinza de caldeira sobre as características químicas de um solo do Cerrado baiano e produtividade da alface. *Cultivando o Saber*, v. 6, n. 4, p. 60-73, 2013.
16. TONG, L.; CHEN, W. S.; ZHENG, X. L.; LI, M. *Effect of oil contamination on atterberg limits of soil*. In: *Advanced Materials Research*. Trans Tech Publications Ltd, v. 374-377, p. 336-338, 2012.
17. UNIVERSO ONLINE. PETROBRAS - Consumo de diesel segue em alta e ANP propõe aumento de estoques. Disponível em: < [- 18. VIEIRA, M. S. G.; FERREIRA, R. L.; OLIVATI, F. N. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. \*Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade\*, v. 5, n. 3, 2014.](https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/06/consumo-de-diesel-segue-em-alta-e-anp-propoe-aumento-de-estoques.shtml#:~:text=Considerando%20os%20primeiros%20cinco%20meses,presidentes%20da%20Petrobras%20este%20ano.>)