



ANÁLISE COMPARATIVA DA ONTOGÊNESE: GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA MUCUNA PRETA E MAMONA CULTIVADAS EM SOLO CONTAMINADO COM ÓLEO DIESEL.

André Luiz Colantonio ¹

Marcia Vilma Gonçalves de Moraes ²

Fabiano Marrara ³

Alan Vinicius Assunção-Luiz ⁴

Carlos Alexandre Curylofo Corsi ⁵

Área Temática: Conservação de solos e recuperação de áreas degradadas

Resumo

Com o avanço das tecnologias e melhorias para qualidade de vida da população, a utilização de derivados de petróleo, como óleo diesel, tem sido cada vez mais frequente. Nesse sentido, a contaminação do solo causada pelo derramamento desse produto apresenta-se como um grande risco à biodiversidade, com problemas ao ambiente e a saúde pública. Estudos revelam que algumas espécies de plantas são capazes de remover produtos contaminantes do solo, por meio da técnica fitorremediação. Sendo assim, o estudo objetiva analisar e comparar a germinação, ontogênese e o desenvolvimento radicular das espécies de plantas *Mucuna pruriens* (Mucuna preta) e *Ricinus communis* (Mamona), cultivadas em solo contaminado com óleo diesel. O experimento foi realizado em uma escola do interior do estado de São Paulo, Brasil, utilizando Latossolo vermelho, sementes coletadas da região e rega diária. Para criar uma condição de contaminação do solo, utilizou-se óleo diesel de motor de automóveis estabelecendo dois tratamentos (com e sem contaminante), nos diferentes grupos de plantas. Foi avaliado a ontogênese, observando o desenvolvimento radicular, germinação e possíveis alterações morfológicas das espécies. Após 58 dias a mucuna preta e a mamona apresentaram capacidade de germinação e crescimento mesmo em solo contaminado, porém a mamona apresentou ser mais suscetível ao ataque de pragas. Torna-se necessário realizar um estudo da capacidade da planta mucuna preta em realizar fitorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos, já que foi capaz de germinar neste tipo de solo, identificando assim uma espécie em potencial para a fitorremediação não muito estudada.

Palavras-chave: Recuperação e remediação ambiental; Remoção de contaminantes; Tratamento do solo; Descontaminação; Poluição por petróleo.



¹ Prof. Esp. Senac Ribeirão Preto – Departamento Arquitetura e Urbanismo, andre.lcolantonio@sp.senac.br – (16) 981749768. ² Prof. Esp. Senac Ribeirão Preto – Departamento Segurança do Trabalho e Meio ambiente, marcia.gmoraes@sp.senac.br – (16) 991672452.

³ Aluno de Engenharia Ambiental – UNIFRAN – Universidade de Franca fabianomarrara@yahoo.com.br – (16) 98178-3638

⁴ Prof. Dr. Comprehensive Health Research Centre, National School of Public Health, Portugal. carlos_ccorsi@hotmail.com

⁵ Prof. Dr. Deutsche Gesellschaft für Gewebetransplantation – Gemeinnützige Gesellschaft mbH (DGFG), Alemanha. alan.assuncao@ensp.uni.pt

INTRODUÇÃO

Diante do avanço da economia global, consecutivamente movida pelo aumento de demandas para bens de consumo e mobilidade, a produção de subprodutos derivados de petróleo vêm crescendo na sociedade moderna juntamente ao crescimento da população mundial (TAYRA & DOS REIS, 2020; VIEIRA, 2021). Sendo assim, produtos fabricados para suprir essas demandas tendem a conduzir cada vez mais o foco econômico, gerando renda e qualidade de vida, porém, exigindo a extração massiva deste fóssil com riscos eminentes à biodiversidade (SILVA et al., 2019; COSMO, GALERIANI & ZANETTI, 2023).

Nesse sentido, urge-se o alerta da necessidade de conservação do meio ambiente, pois desastres ambientais como vazamentos e contaminações de solo por hidrocarbonetos de petróleo, são encarados como um problema mundial, que interferem diretamente a biodiversidade, desde que começaram a ser utilizados (TAYRA & DOS REIS, 2020). Os quais, são usados principalmente em solventes, sendo abundantemente encontrados em combustíveis constituintes como gasolina e óleos (JACQUES et al., 2007; HUGHES et al., 2008; LIMA et al., 2019).

Os compostos de interesse que exigem maior preocupação ambiental e que, normalmente, são os principais a serem identificados e quantificados antes e durante um processo de contaminação, são: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (isômeros: orto-, meta- e para-xileno). Esses compostos, conhecidos também como “BTEX”, são definidos como hidrocarbonetos monoaromáticos, cujas



estruturas moleculares possuem como característica principal a presença do anel benzênico (ANDRADE, AUGUSTO & JARDIM, 2010; WEBER & SANTOS, 2013).

Em solos contaminados por petróleo e seus derivados, além dos BTEX, geralmente, outras classes de compostos também são alvos de atenção, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), os compostos orgânicos voláteis totais (COV) e os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP). Os compostos BTEX, HPA e HTP são classificados em grandes riscos, principalmente pela toxicidade, permeabilidade e persistência no meio ambiente (HUGHES et al., 2008; COUTINHO et al., 2015; SOUZA & ANJOS, 2021).

Nesse contexto, destaca-se a fitorremediação por se tratar de uma técnica que utiliza plantas para degradar, extrair, acumular, volatilizar e estimular a biodegradação de contaminação nas regiões da rizosferas da plantas (HUSSAIN, et al., 2018; COSMO, GALERIANI & ZANETTI, 2023). A fitorremediação tem se mostrado uma tecnologia eficaz para o tratamento de efluentes contaminantes, com baixo custo e facilidade de operacionalização, pois utiliza-se de plantas com fácil acesso e plantio para descontaminar o solo, baseando-se na seleção de espécies específicas que apresentem interação e absorção de determinados tipos de contaminantes, baseados em características genéticas, morfológicas, fisiológicas e anatômicas das plantas (LIMA et al., 2019; LACERDA et al., 2021).

Os índices de absorção das plantas são diversos e satisfatórios para muitos ambientes contaminados e das muitas espécies descritas, algumas apresentaram resultados positivos, de acordo ao tipo de resíduo associado ao local de contaminação (SILVA et al., 2019). Porém, de acordo com a literatura atual, ainda há poucos registros quanto a fitorremediação de solos contaminados por óleo diesel (HUGHES et al., 2008; GRESSLER, 2014; LIMA et al., 2019; DE MIRANDA ET AL., 2023), entretanto, algumas espécies são comprovadamente descritas como fitorremediadoras de hidrocarbonetos de petróleo, das quais: Mamona (*Ricinus communis*); Braquiarias (*Brachiariabrizantha*); Girassol: (*Helianthus annus*); Soja (*Glicine max*); Taboa (*Typha latifolia*); Jiboia (*Epipremnum aureum*); entre outras (SOUZA & ANJOS, 2021; CARVALHO, 2023).

Portanto, o presente estudo objetiva analisar e comparar a ontogênese, como a germinação e o desenvolvimento radicular das espécies de plantas *Mucuna pruriens* (Mucuna preta) e *Ricinus*



communis (Mamona), cultivadas em solo contaminado com óleo diesel, com potencial para fitorremediação.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo observacional de abordagem qualitativa e comparativa entre amostras de plantas em solo contaminado com óleo diesel previamente determinados, com análises de avaliação da ontogênese entre a germinação e o desenvolvimento radicular de plantas, realizado em uma instituição educacional localizada no interior de São Paulo, Brasil, no período de 18 de outubro 2023 a 14 de dezembro de 2023 totalizando 58 dias.

A fim de aproximar-se de um cenário experimental análogo ao cenário real, considerou-se utilizar a área de localização da instituição de ensino para a realização dos experimentos. A escola se encontra na região Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil, situando-se à 21° 12' 42" de latitude sul, 47° 48' 24" de longitude oeste, altitude média de 526 m (metros) acima do nível do mar e com clima considerado tropical. O solo utilizado nos experimentos foi retirado do próprio terreno da instituição, sendo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (DOS SANTOS, 2018), assim como, todas as sementes (mucuna preta e mamona) para utilização no estudo foram recolhidas em áreas de sistema agroflorestal e matas nativas pertencentes às proximidades da escola.

A escolha das plantas *Mucuna pruriens* (Mucuna preta) e *Ricinus communis* (Mamona) se deu pela pesquisa realizada em que os estudos apresentaram a mamona como sendo uma planta eficaz quanto a fitorremediação de hidrocarbonetos e a mucuna preta não foi encontrado nenhum estudo de sua eficácia para fitorremediação de hidrocarbonetos.

O desenho experimental foi previamente programado com a participação dos pesquisadores e dos alunos matriculados na turma 06 do Curso Técnico em Meio Ambiente da instituição, sendo utilizados: oito vasos (altura: 12cm; raio: 8,5cm; volume: 2,722 cm³); oito pratos para contenção de água dos vasos; 12 sementes de Mucuna; 12 sementes de Mamona; Terra (comum); composto orgânico (extrato de compostagem); Água potável; Óleo diesel BS10 de motor de automóveis (classificados pela



Organização das Nações Unidas [ONU] nº 1202) (Ipiranga Produtos de Petróleo S.A., São Cristóvão/Rio de Janeiro – Brasil); três irrigadores pequenos e oito placas de identificação “com contaminante” e “sem contaminante”. (Figura 1)



Figura 1: Vaso com prato para recolhimento água de rega e identificação

De acordo com o índice de precipitação pluviométrica, a região do estudo recebe em média 1.384mm/ano, sendo 3,8mm/dia aproximadamente (CLIMATEMPO, 2023), sendo assim, em uma estimativa calculada, cada vaso recebeu diariamente o volume aproximado de 100ml de água durante todo o período do experimento, de acordo com o cálculo de área de um cilindro, utilizando a fórmula $A=\pi.r^2$ (GRESSLER, 2014). Da mesma forma, cada vaso com identificação “com contaminante” recebeu 50ml de óleo diesel.

Após a preparação do solo e das sementes, assim como, do contaminante do solo, estabeleceu-se dois grupos de plantas, sendo: Grupo Mucuna e Grupo Mamona. Os tratamentos se deram “*com contaminante*” (grupo estudo com contaminação por óleo diesel) e “*sem contaminante*” (grupo controle sem contaminação por óleo diesel). Em cada grupo, foram preparados 5 vasos com 50% de terra + 50% de composto, em 4 foram adicionado 50ml de óleo diesel BS10 sendo identificado como “*com contaminante*” e 1 vaso controle identificado “*sem contaminante*”. Após foram plantadas três sementes das respectivas espécies em todos os vasos. Por fim, os vasos foram colocados em uma área coberta para não receber água da chuva e recebendo a luz solar. Todos os vasos receberam um prato abaixo do vaso para conter o excesso de água da rega (Figura 2).



Figura 2. Preparação do experimento com a diferenciação dos grupos, plantio das espécies e alocação dos vasos.

Foram avaliados a ontogênese das plantas, verificando a germinação, o desenvolvimento radicular e possíveis alterações morfológicas das espécies. Ao final dos 58 dias, as amostras foram retiradas dos vasos, medidas e fotografadas para análises posteriores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 58 dias de cultivo, observou-se que os teores de óleos no solo influenciaram o desenvolvimento das espécies, com diferenciação entre os grupos, sendo:

Grupo Mucuna:

As sementes de mucuna preta “*sem contaminante*” apresentaram germinação 03 dias após o plantio, com germinação total das sementes neste vaso (Figura 3). As amostras “*com contaminante*” apresentaram diferentes resultados, sendo dois vasos germinando após 14 dias (um germinando 2 sementes e o outro apenas 1 semente, a qual nasceu primeiro destacando seu desenvolvimento) e dois não germinaram (Figura 4).





Figura 3: Germinação das tres sementes de mucuna preta “*sem contaminante*”



Figura 4: Tempo de germinação das sementes de mucuna preta “*com contaminante*”

Grupo Mamona:

As sementes de mamona “*sem contaminante*” germinaram 06 dias após o plantio todas as sementes do vaso. As sementes de mamona “*com contaminante*” germinaram 13 dias após o plantio, sendo em dois vasos duas sementes e uma semente nos outros dois vasos (Figura 5).



Figura 5: Imagem A - Representa a germinação de uma semente de mamona “*com contaminante*”; Imagem B - Representa a germinação de duas sementes de mamona “*com contaminante*” uma germinada e a outra iniciando a germinação; Imagem C - Representa a mamona “*sem contaminante*” 20 dias após plantio com três sementes germinadas.

Outro resultado encontrado foi que o grupo de mamona com contaminantes ficaram vulneráveis a incidência de pragas, sendo encontrado esta condição em dois vasos. Enquanto o vaso do grupo controle “*sem contaminantes*” nenhuma planta apresentou tais deficiências nas folhas (Figura 6).



Observou-se que este tipo de alteração das folhas não foi encontrado em nenhum dos quatro vasos do grupo da mucuna preta “*com contaminante*”.



Figura 6: Alterações nas folhas do grupo mamona com contaminante.

Outra observação importante está relacionado as alterações das folhas da mamona com o passar dos dias. A avaliação demonstrou que a praga não evoluiu, pois a mesma planta com 40 dias após o plantio apresentou duas folhas alteradas e duas sem alteração e com 50 dias desenvolveu uma terceira folha sem alteração, com isto observou-se que esta praga inicial na mamona não se propagou às demais folhas que germinaram (Figura 7).

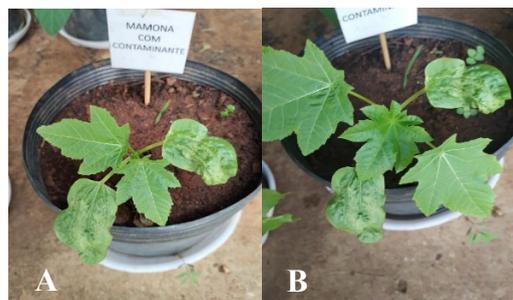


Figura 7: Imagem A - Mamona “*com contaminante*” apresentando alterações em duas de suas folhas 40 dias após o plantio. Imagem B - O mesmo vaso de mamona “*com contaminante*” 50 dias de plantio.

Ao final dos 58 dias, as amostras foram retiradas dos vasos, medidas e fotografadas.

Observou-se na mamona “*sem contaminante*” a presença de raízes no fundo do vaso constatando um bom desenvolvimento radicular, enquanto as raízes da mamona “*com contaminante*” não apresentaram raízes no fundo do vaso nem nas laterais, demonstrando um retraimento no desenvolvimento de suas raízes (Figura 8 A e B). Quando retirado o torrão as raízes apresentaram diferenças, sendo a “*sem contaminante*” bom desenvolvimento das raízes secundárias e terciárias e com bastante pêlos absorventes, as “*com contaminante*” pouco desenvolvimento das raízes secundárias e terciárias e poucos pêlos absorventes, porém mais alongadas (Figura 8 C e D).



Figura 8: Desenvolvimento radicular no torrão - Imagem A: Mamona “*sem contaminante*”. Imagem B: Mamona “*com contaminante*”. Estrutura radicular – Imagem C: Mamona “*sem contaminante*”. Imagem D: Mamona “*com contaminante*”.

No experimento da planta mucuna preta “*sem contaminante*” e “*com contaminante*” foram encontrados as mesmas características do desenvolvimento radicular encontrado na mamona (Figura 9).



Figura 9: Desenvolvimento radicular no torrão - Imagem A: Mucuna “*sem contaminante*”. Imagem B: Mucuna “*com contaminante*”. Estrutura radicular – Imagem C: Mucuna “*sem contaminante*”. Imagem D: Mucuna “*com contaminante*”.



Quanto ao comprimento as plantas foram retiradas do vaso e realizado a medição da base da planta ate as folhas, sendo representado os resultados no Quadro 1.

Quadro 1: comparativo do tamanho das plantas em centimetro

Amostra	Maior planta em cm		Menor planta em cm	
	Sem contaminante	Com contaminante	Sem contaminante	Com contaminante
Mucuna Preta	42	37	25	23
Mamona	38	25	22	15

A fitorremediação surge como um processo eficaz, sustentável e de baixo custo para resolução de muitos problemas ambientais atuais (DE MIRANDA et al., 2023). Para que isso aconteça, as plantas devem apresentar potencial capacidade de absorção, tolerância ao contaminante, retenção ao contaminante nas raízes, sistema radicular denso e profundo, capacidade para desenvolver-se em ambientes diversos, resistência a pragas e doenças, fácil controle ou erradicação e fácil colheita (CARVALHO et al., 2023).

Em conjunto, os resultados demonstrados nesse estudo apresentam nítida diferenciação entre os grupos de plantas, evidenciando principalmente a dificuldade de germinação e crescimento no grupo contaminado com óleo diesel. Entretanto, esse mesmo grupo de plantas foi capaz de desenvolver-se de forma eficaz, comprovando sua capacidade de germinação em solo contaminado com óleo diesel mesmo que tardia comparada com a germinação e desenvolvimento da planta em solo sem contaminante. Uma diferença entre os grupos observados foi a capacidade maior da mucuna preta em suportar solo contaminado em comparação a mamona pois não apresentaram nenhum ataque de pragas.

Este estudo apresenta como limitações a não avaliação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), análise do solo após os experimentos. Assim como, a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas e as análises químicas do tecido foliar (macro e micronutrientes).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se com este estudo que os teores de óleos no solo influenciaram o desenvolvimento das espécies, com diferenciação entre os grupos, porém, *Mucuna pruriens* (Mucuna preta) e *Ricinus communis* (Mamona) apresentaram capacidade de germinação e crescimento mesmo em ambiente contaminado. Nesse sentido, torna-se necessário realizar um estudo da capacidade da planta mucuna preta em realizar fitorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos, já que foi capaz de germinar neste tipo de solo, identificando assim uma espécie em potencial para a fitorremediação que ainda não é muito estudada diferente da mamona que já demonstrou sua eficácia como fitorremediadora de hidrocarbonetos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por Petróleo e seus derivados. *Eclética Química*, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.
- CARVALHO, Luiz Fernando Campos et al. Espécies vegetais para fitorremediação de contaminantes orgânicos: uma revisão de literatura. 2023.
- COSMO, Bruno Marcos Nunes; GALERIANI, Tatiani Mayara; ZANETTI, Willian Aparecido Leoti. Soil decontamination: bioremediation and phytoremediation. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 17, 2023.
- COUTINHO, Pablo Wenderson Ribeiro et al. Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação. *Nucleus*, v. 12, n. 1, p. 59-68, 2015.
- DE MIRANDA, Elka Élice Vasco et al. Potencial de espécies arbóreas nativas para fitorremediação sob solos de cerrado: revisão bibliográfica. *Revista Cerrados (Unimontes)*, v. 21, n. 01, p. 377-398, 2023.
- DOS SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- GRESSLER, Pablo et al. Cultivation of *Desmodesmus subspicatus* in a tubular photobioreactor for bioremediation and microalgae oil production. *Environmental technology*, v. 35, n. 2, p. 209-219, 2014.
- HUGHES, Frederic Mendes et al. Fitorremediação de poluentes xenobióticos. *SITIENTIBUS série Ciências Biológicas*, v. 8, n. 2, p. 247-256, 2008.
- HUSSAIN, Fida et al. Combined application of biochar, compost, and bacterial consortia with Italian ryegrass enhanced phytoremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil. *Environmental and Experimental Botany*, v. 153, p. 80-88, 2018.



JACQUES, R. J. S. et al. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, 2007.

LACERDA, Eliseu Melo Carvalho et al. Processos enzimáticos na biorremediação e fitorremediação de petróleo em sedimentos de manguezal: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. e526101119944-e526101119944, 2021.

LIMA, Victor Henrique Resende et al. Avaliação do capim-vetiver e capim-marandu na remediação de solo contaminado com óleo lubrificante usado. *Sustentare*, v. 3, n. 1, p. 122-142, 2019.

SILVA, Tiago J. da et al. Fitorremediação de solos contaminados com metais: Panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 1, p. 18-34, 2019.

SOUZA, Milena Marlim Caria; ANJOS, José Ângelo Sebastião Araújo. Fitorremediação de Solos Contaminados por Derramamento de Petróleo. *Geologia ambiental e médica do estado da Bahia*, v. 1, n. 6, p. 138-147, 2021.

TAYRA, Flávio Tayra; DOS REIS, Julia Araujo. Impactos dos subsídios aos combustíveis fósseis: impostos sobre carbono e desdobramentos no Brasil. *Revista Contexto Geográfico*, v. 5, n. 10, p. 116-132, 2020.

VIEIRA, Ana Cândida Ferreira. Energias renováveis e sua eficiência na nova economia energética no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 18, p. 211-223, 2021.

WEBER, B. D.; SANTOS, A. A. Utilização da Biorremediação como ferramenta para o controle da degradação ambiental causada pelo petróleo e seus derivados. *Engenharia ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 10, n. 1, p. 114-133, 2013.