



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRÁFI E LIMNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

MARCELLE DA SILVA E SILVA

**EFEITOS DO ÓLEO DIESEL S-10 SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A
MORFOLOGIA DE MUDAS DE *Rhizophora mangle* MANTIDAS EM
VIVEIRO.**

SÃO LUÍS-MA

-2021-

**EFEITOS DO ÓLEO DIESEL S-10 SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A
MORFOLOGIA DE MUDAS DE *Rhizophora mangle* MANTIDAS EM
VIVEIRO.**

MARCELLE DA SILVA E SILVA

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dr^a. Flávia Rebelo Mochel.

SÃO LUÍS-MA

-2021-

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

da Silva e Silva, Marcelle.

EFEITOS DO ÓLEO DIESEL S-10 SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A MORFOLOGIA DE MUDAS DE *Rhizophora mangle* MANTIDAS EM VIVEIRO / Marcelle da Silva e Silva. - 2022.

47 p.

Orientador(a): Flávia Rebelo Mochel.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

1. Contaminação. 2. Hidrocarbonetos. 3. Mangue vermelho. 4. Manguezais. I. Rebelo Mochel, Flávia. II. Título.

**EFEITOS DO ÓLEO DIESEL S-10 SOBRE O DESENVOLVIMENTO E
A MORFOLOGIA DE MUDAS DE *Rhizophora mangle* MANTIDAS EM
VIVEIRO.**

MARCELLE DA SILVA E SILVA

Monografia apresentada ao Curso
de Oceanografia da Universidade Federal do
Maranhão, para obtenção do grau de
bacharel em Oceanografia.

Aprovada em 18 de janeiro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Flávia Rebelo Mochel – Orientadora (UFMA)

Prof. Dra. Ilisandra Zanandrea –(UFMA)

Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima- (UFMA)

DEDICO Á

Meus pais, Domingos e Marciléa, que sempre me apoiaram e
incentivaram a minha formação profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para concluir esta etapa, por guiar meus passos e me proteger todos os dias.

Aos meus pais Domingos e Marciléa, por todo o incentivo e apoio durante esses 4 anos de graduação, por cada gesto e palavra, e o mais importante por acreditarem na minha capacidade de ir em busca dos meus objetivos profissionais.

Aos meus irmãos Ítalo, Yago e Gustavo, por todo o carinho e compreensão.

Aos meus tios Marcilete e Márcio, vocês foram essenciais durante essa jornada, em especial ao meu menino Marcelino Ricardo, quando eu pensava em desistir, ele me dava forças, mesmo sem saber.

Aos meus primos Larissa e Marcos, gratidão por ter vocês na minha vida, e a minha doce Melissa Fernanda que chegou para me incentivar ainda mais.

A minha orientadora, Prof. Dr^a. Flávia Rebelo Mochel, pela confiança, assistência e por compartilhar comigo todo o conhecimento científico.

Ao Laboratório de Manguezais (LAMA) e Centro de Recuperação de Manguezais (CERMANGUE) pelo apoio técnico para a elaboração deste trabalho.

Ao seu Getúlio Júnior, por toda ajuda durante as coletas de campo.

Ao meu grande amigo Felipe Oliveira, que esteve comigo sempre, por toda ajuda durante este trabalho, pelos conselhos, pelas ligações e mensagens na hora que eu mais precisava. Obrigada por tudo!

A minha amiga irmã Kellia Lima, eu só tenho a te agradecer por tudo. Pelas nossas conversas, risadas, desesperos, por todo apoio quando eu pensava em desistir das disciplinas. Você é luz. Obrigada, minha irmã!

A minha amiga parceira Aline Lima, por me ajudar e apoiar sempre durante o desenvolvimento desse trabalho. Obrigada por ter sido tão incrível e maravilhosa comigo esse tempo todo, você merece todo sucesso do mundo.

Aos meus amigos Jannaine e Jhamerson, por todas as risadas e conversas.

Aos amigos que a UFMA me deu Luciana Amorim, Luiz Renato e Wesley Leandro, obrigada pela amizade de vocês.

Ao porteiro Seu Manoel e a secretária Danielle, por todo o carinho.

RESUMO

Os manguezais são apontados como ecossistemas costeiros que estão localizados entre os ambientes marinho e terrestre, são compostos por florestas de arbustos e árvores que se encontram enraizadas no sedimento areno lodoso e onde a ação das ondas é ausente. Tendo sua localização na faixa entre marés, reentrâncias da costa, contornos de baías e estuários, que serve de ligação entre o mar e a terra, portanto são ambientes importantes dos litorais tropicais e subtropicais. O presente estudo teve como objetivo analisar o desenvolvimento estrutural de mudas da espécie *Rhizophora mangle* conhecido como mangue vermelho em sedimento contaminado com diferentes volumes de óleo diesel S-10: 7,5ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 30 ml e 50 ml através de medições de altura (H) e diâmetro da base (DAB), mantidas em viveiro CERMANGUE (UFMA). A coleta dos propágulos da espécie ocorreu na área de mangue da Praia do Mangue Seco, município de Raposa, Maranhão. Depois de serem coletados os propágulos passaram pelo processo de triagem, onde foram selecionados os mais saudáveis para a utilização no experimento. Em seguida foram plantados no sedimento areno lodoso que foi recolhido da mesma área de coleta, este sedimento foi analisado através de técnicas de granulometria como o peneiramento onde ocorre a separação dos grãos grosseiros, e da pipetagem que determina a quantidade de material fino existente na amostra e por fim adicionado os respectivos volumes de óleo diesel S-10. As análises estatísticas mostraram que houve diferença significativa do tratamento controle em comparação ao mais contaminados, sendo que na altura o mais prejudicado foi o volume de 15ml, para o diâmetro da base também houve diferença do controle em relação aos tratamentos contaminados, com o volume de 20 ml o mais afetado.

Para a análise granulométrica, o sedimento se demonstrou predominantemente arenoso com a porcentagem de areia de 71,1%, cascalho 0,1082 %, silte 23,5 % e argila 5,303%.

Os propágulos no decorrer do experimento apresentaram folhas amareladas, um par de folhas murcharam, clorose no caule, manchas escuras nas folhas e bifurcação lateral após a morte de um propágulo estes efeitos podendo estar associados a contaminação por óleo diesel.

Palavras chave: Manguezais, mangue vermelho, contaminação, hidrocarbonetos.

ABSTRACT

Mangroves are pointed out as coastal ecosystems that are located between the marine and terrestrial environments, are composed of forests of shrubs and trees that are rooted in the sand sediment and where the action of waves is absent. Having its location in the range between tides, recesses of the coast, contours of bays and estuaries, which serves as a link between the sea and the land, therefore are important environments of tropical and subtropical coasts. The present study aimed to analyze the structural development of seedlings of the species *Rhizophora mangle* known as red mangrove in sediment contaminated with different volumes of Diesel Oil S-10: 7.5ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 30 ml and 50 ml through height (H) and base diameter (DAB) measurements, maintained in cermangue (UFMA) nursery. The collection of the propagules of the species occurred in the mangrove area of Manguê Seco Beach, municipality of Raposa, Maranhão. After collecting the propagules went through the screening process, where the healthiest ones were selected for use in the experiment. Then, the sand sediment that was collected from the same collection area was planted in the sandy sediment, this sediment was analyzed through granulometry techniques such as sieving where the separation of coarse grains occurs, and pipetting that determines the amount of fine material in the sample and finally added the respective volumes of S-10 diesel oil. Statistical analyses showed that there was a significant difference in the control treatment compared to the most contaminated, and at the time the most affected was the volume of 15ml, for the diameter of the base there was also a difference in the control in relation to the contaminated treatments, with the volume of 20 ml the most affected. For the granulometric analysis, the sediment was predominantly sandy with the percentage of sand of 71.1%, gravel 0.1082%, silt 23.5% and clay 5.303%. The propagules during the experiment showed yellowish leaves, a pair of leaves withered, chlorosis in the stem, dark spots on the leaves and lateral bifurcation after the death of a propagule these effects may be associated with contamination by diesel oil.

Keywords: Mangroves, red mangrove, contamination, hydrocarbons.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Propágulos fixos na árvore de <i>Rhizophora mangle</i> . Fonte: Girlene Garcia,2021.....	14
Figura 2 Mapa de localização da praia do mangue seco, município de Raposa, Maranhão.	16
Figura 3 A- Local de coleta do sedimento na praia do mangue seco; B- Sacos com sedimento estocados em engradados plásticos no viveiro CERMANGUE/UFMA. Fonte: Flávia Mochel,2021.....	17
Figura 4 Canal de coleta da água para a borrifação dos propágulos no viveiro; B- Bombona de 60 litros com água da maré. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	18
Figura 5 Coleta dos propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> . Fonte: Flávia Mochel,2021.....	19
Figura 6 Triagem dos propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> no viveiro CERMANGUE. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	20
Figura 7 Homogeneização do sedimento dentro do engradado de plástico. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	20
Figura 8 Preenchendo os sacos de mudas com o sedimento (lama). Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	21
Figura 9 Plantio dos propágulos de <i>Rhizophora mangle</i> um por saco. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	21
Figura 10 Divisão dos propágulos por tratamento.....	22
Figura 11 A- Rega dos propágulos com auxílio de um borrifador; B- Medição da altura dos propágulos com fita métrica; C- Medição da base do caule com paquímetro. Fonte: Gabrielle Abreu, 2021.....	22
Figura 12 A- ÓD S-10 armazenado em um galão de 5 litros; B- OD sendo transferindo para um béquer; C- Adição do OD direto no sedimento com os propágulos plantados. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	24
Figura 13 A- Amostra retirada para secagem; B- Sedimento seco e C-Processo de maceração do sedimento. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	27
Figura 14 A- Pesando o sedimento; B- Lavagem; C- Proveta com material para a pipetagem. Fonte: Flávia Mochel,2021.....	28
Figura 15 Retirada do sedimento retido na peneira. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	30
Figura 16 A e B - Conjunto das 11 peneiras utilizadas na análise granulométrica. Fonte: Própria autora.....	30
Figura 17 Mudanças da <i>Rhizophora mangle</i> nos tratamentos A- controle; B- 7,5 ml; C- 10 ml; D- 15 ml; E- 20 ml; F- 30 ml e G-50 ml. Fonte: Flávia Mochel, 2021.....	32
Figura 18 Resultado de Mann Whitney para a altura.....	33
Figura 19 Resultados de Mann Whitney para o diâmetro da base.....	33
Figura 20 Representação em formato de histograma dos resultados para análise granulométrica.....	35
Figura 21 Mudanças de <i>Rhizophora mangle</i> com folhas amareladas no lote controle. Fonte: Própria autora.....	38

Figura 22 Folhas do lote contaminado 7,5ml com ataque de herbivoros e deformidade na lateral. Fonte: Própria autora.	38
Figura 23 Folhas com ataque de herbívoros, amareladas e com manchas escuras no tratamento 10 ml. Fonte: Própria autora.	39
Figura 24 Folhas com manchas escuras, par de folhas danificado e caules com necrose no lote 15 ml. Fonte: Própria autora.	40
Figura 25 Folha com mancha escura na lateral e caule com necrose no lote 20 ml. Fonte: Própria autora.....	40
Figura 26 Folha com manchas escuras na borda e caule com bifurcação lateral no lote de 30 ml. Fonte: Própria autora.	41
Figura 27 Folhas com manchas escuras e amareladas no lote 50 ml. Fonte: Própria autora.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação do teor de enxofre conforme a resolução ANP 50/2013. Fonte: Brasil,2013.	23
Tabela 2 Escalas granulométricas de WETWORTH 1922 e KRUMBREIN 1934 classificando o tamanho do grão em mm e phi	25
Tabela 3 Velocidade de decantação das partículas sedimentares segundo à modificação da Lei de Stokes por Wadell (1936).	26
Tabela 4 Tempo e profundidades das pipetagens. Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica- Fundação Universidade de Rio Grande.....	29
Tabela 5 Taxa de sobrevivência x mortalidade das mudas de Rhizophora mangle, durante o experimento.....	31
Tabela 6 Resultados da análise granulométrica.	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Gênero Rhizophora	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivo específico	15
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 Caracterização da área de estudo	16
3.2 Coleta de amostras	17
3.3 Sedimento	17
3.4 Água	18
3.5 Propágulos.....	18
3.6 Procedimentos experimentais	19
3.7 Óleo diesel	23
3.8 Análise granulométrica.....	25
3.9 Análises estatísticas	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Análise granulométrica.....	34
4.2 Anomalias caulinares e foliares	36
5. CONCLUSÃO.....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são apontados como ecossistemas costeiros que estão localizados entre os ambientes marinho e terrestre, são compostos por florestas de arbustos e árvores que se encontram enraizadas no sedimento areno lodoso e onde a ação das ondas é ausente. Tendo sua localização na faixa entre marés, reentrâncias da costa, contornos de baías e estuários, que serve de ligação entre o mar e a terra, portanto são ambientes importantes dos litorais tropicais e subtropicais (STUPP *et al.*, 2019).

Estão localizados em regiões tropicais e subtropicais do planeta, se distribuindo entre as latitudes 30 N° e 30 S°, compreendo uma área de 137.760 km², com melhor desenvolvimento próximo à linha do Equador, entre 5 N °e 5 S°. No Brasil, os manguezais têm uma área aproximada de 13.000 km² desde o Cabo Orange até o Sul, em Santa Catarina. O Maranhão, Pará e Amapá, têm mais de 80% das áreas de manguezais nacionais, por apresentarem condições ideais para o desenvolvimento e crescimento de manguezais, como a alta umidade durante o ano todo, inúmeros rios que transportam e depositam matéria orgânica e sedimentos, regime de marés altas e temperaturas médias acima de 20 ° C (SOUZA *et al.*, 2018).

Os manguezais se assentam em locais com depósitos de sedimentos, geralmente está relacionado com a planície costeira de baixa encosta. O substrato em que eles se desenvolvem é inconsolidado, devido á inundação diária das marés. São formados por sedimentos com partículas de tamanhos finos, como argila e lodo, que vêm de rios, mas também podem ser formados por areia oceânica que é trazida pelas marés, ondas e ventos. (ALENCAR *et.al*,2016).

As espécies arbóreas existentes nos manguezais do litoral brasileiro são: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii*, que compõem o mangue vermelho; *Avicennia germinans* e *Avicennia shaueriana* o mangue siriba ou negro; *Languncularia racemosa*, conhecida como tinteira ou mangue branco; e o *Conocarpus erectus*, o mangue de botão. O Maranhão, Pará e Amapá que juntos formam a costa amazônica, possuem todas estas sete espécies (MOCHEL, 2011).

Os manguezais são extremamente importantes, pois influenciam o clima local e global, contribuem para a produção de oxigênio, atuam na proteção de linha de costa devido ao seu sistema de raízes que agem contra a força das ondas estabilizando a linha de costa e dificultando os processos erosivos, sequestram carbono através das árvores em desenvolvimento juntamente com as florestas tropicais, absorvendo o carbono durante a fotossíntese armazenando como carboidratos em forma de celulose e açúcares, além de desempenharem um importante papel como exportador de matéria orgânica para o estuário, são berçários para várias espécies de peixes, moluscos e crustáceos que encontram nos manguezais condições ideais para se reproduzir e proteger suas proles e funcionam como filtros biológicos para reter poluentes, partículas e impurezas em suspensão na água (SOUZA et al., 2018).

Apesar de sua grande importância econômica e ecológica, os manguezais são os principais ecossistemas ameaçados pelas ações humanas, práticas como indústria e os derrames de óleo e a combustão incompleta dos combustíveis fósseis causaram uma acumulação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) no ambiente, por serem ambientes costeiros, estão mais vulneráveis aos derramamentos de petróleo em alto mar. No momento que o petróleo e seus derivados chegam aos manguezais, os efeitos podem ser agudos, como por exemplo, desfolhamento ou morte da fauna, e/ou então crônicos, como a redução da reprodução vegetal, sobrevivência das sementes ou tamanho da população da fauna (CHEQUER *et al.*, 2017).

O óleo diesel geralmente é definido como uma mistura de hidrocarbonetos que consiste em frações que têm um ponto de ebulição superior ao querosene (mais pesado), e lubrificante inferior (mais leve), corresponde ao óleo destilado médio. Sua faixa de destilação é de aproximadamente 190 a 380 ° C. A sua composição química varia muito, a proporção relativa de hidrocarbonetos parafinas, olefinas, naftenos e aromáticos dependem do óleo, processamento e o tratamento que ele recebeu. A distribuição desses três tipos diferentes de hidrocarbonetos, suas cadeias variam de 9 a 20 átomos de carbono, que são fatores que determinam as propriedades do combustível (DA SILVA *et al.*, 2016).

O solo contaminado por óleo fica estéril, sendo necessário introduzir

mudas e sementes para revegetar essas áreas. A germinação e o crescimento de plântulas em locais estressados são afetados, quando a contaminação é alta, pode atrasar em anos ou até décadas a reestabelecimento da vegetação. Entretanto, têm plantas que a capacidade de crescer em solo contaminado consegue diminuir o poluente orgânico, portanto estudos para identificar espécies resistentes para utilização de áreas contaminadas é relevante (DA SILVA,2016).

O sedimento é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento da muda, devido ser a sua base de fixação. No ecossistema manguezal, os solos são formados pela deposição de sedimentos de partículas orgânicas e inorgânicas de origens terrestre e marinha, devido a ocorrência em regiões com topografia plana na faixa costeira com influência constante de atividades marinhas, com variação na textura do solo que vai de arenosa até argilosa (DA SILVA, 2018).

1.1 Gênero *Rhizophora*

Comumente conhecida com mangue vermelho, mangue verdadeiro, mangue bravo, entre outros. Este gênero pode ser encontrado muitas vezes nas orlas, em contato com o mar, ocorre ao longo de canais, na foz de alguns rios e em bacias interiores de baixa salinidade. Podendo tolerar salinidade de até 55.000 ppm, no entanto tem melhor desenvolvimento em salinidades perto do mar, ou, mais baixas (BARROS,2019).

O crescimento de áreas de mangue por *Rhizophora mangle* é realizada por meio de um sistema em que os frutos germinam ainda fixos a planta-mãe (viviparidade), quase o ano todo, até a fase de reprodução na forma de uma lança entre 30 a 40 centímetros (Figura 1). Quando eles são separados da planta-mãe, podem ser fixos na lama ou serem levados pela maré, e se fixando em lugares mais longe, pode sobreviver por até um ano quando submerso no mar. Para que o desenvolvimento aconteça, os propágulos precisam de condições favoráveis de imersão, salinidade, tipo de solo, exposição ao sol, vento, comportamento de herbívoros e outros fatores ambientais, isso afeta a mortalidade das mudas. Uma vez assentadas, as mudas crescerão rapidamente e alcançarão a maturidade sexual precoce. Essas características irão acelerar sua capacidade de crescimento natural (DA SILVA, 2016).



Figura 1 Propágulos fixos na árvore de *Rhizophora mangle*. Fonte: Girlene Garcia,2021.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar os efeitos do óleo diesel S-10 no desenvolvimento de mudas de *Rhizophora mangle*;

2.2 Objetivo específico

- Monitorar o desenvolvimento estrutural dos propágulos de *Rhizophora mangle* em sedimento contaminado com diferentes volumes de óleo diesel S-10;
- Verificar macroscopicamente anomalias caulinares, foliares e mortalidade das mudas de *Rhizophora mangle*;

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Raposa, é localizado no Estado do Maranhão, situado na microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, mesorregião do Norte Maranhense. Este município é composto por uma população de aproximadamente 31.586 pessoas distribuídas em uma área territorial de 79,213 km² que vivem basicamente da pesca artesanal, como peixes, mariscos e crustáceos (IBGE 2021; SANTOS *et al.*, 2011).

A vegetação principal é o mangue, o clima é tropical quente úmido, estando nos padrões equatoriais e tropicais. A temperatura média anual do município é de 26° C com dois períodos sazonais: um chuvoso (janeiro a junho) e o outro de estiagem (julho a dezembro) e precipitação anual média de cerca de 2.100 mm (SANTOS *et al.*, 2011).

A praia do Mangue Seco, trata-se de uma praia arenosa, com inclinação suave, e tem influência das marés. É rodeada de manguezal, e também serve com área de embarque e desembarque de barcos de pesca, além de ser cercada por ranchos, pontos comerciais e moradias que geram impactos ambientais para esta área (ROCHA,2018).

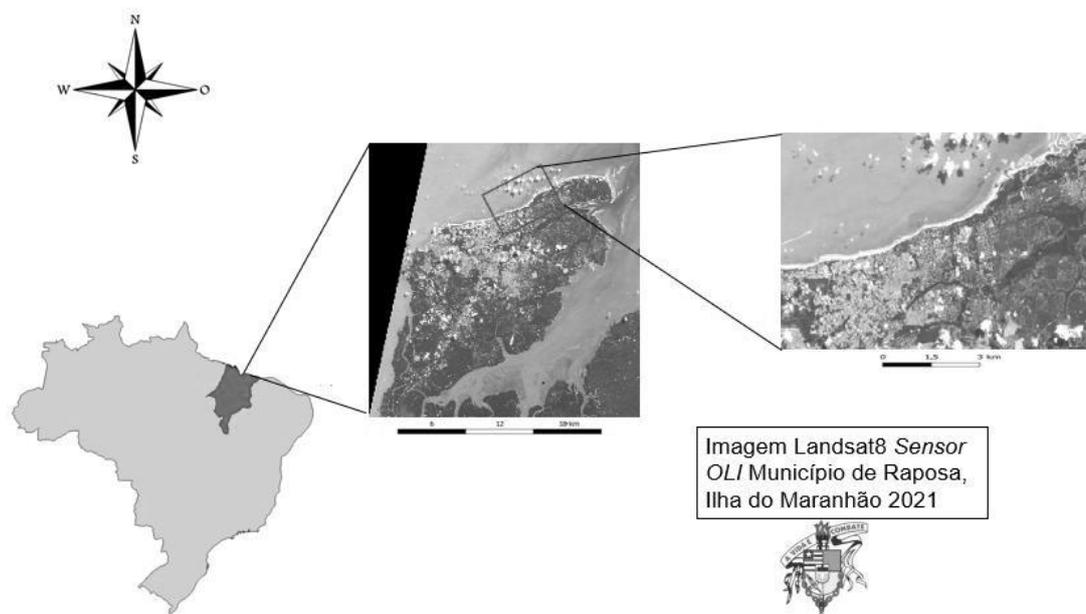


Figura 2 Mapa de localização da praia do mangue seco, município de Raposa, Maranhão.

3.2 Coleta de amostras

Na área de estudo foram coletados água do estuário e sedimento. Após a coleta todo o material foi direcionado para o Laboratório de Manguezais – LAMA/ Centro de Recuperação de Manguezais – CERMANGUE, localizado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), para a utilização no experimento

3.3 Sedimento

O sedimento foi coletado com pá, armazenado em sacos plásticos grossos de 100 L, transportados em engradados plásticos e estocado em ambiente seco e sombreado por dois dias antes da coleta dos propágulos (Figura 3).

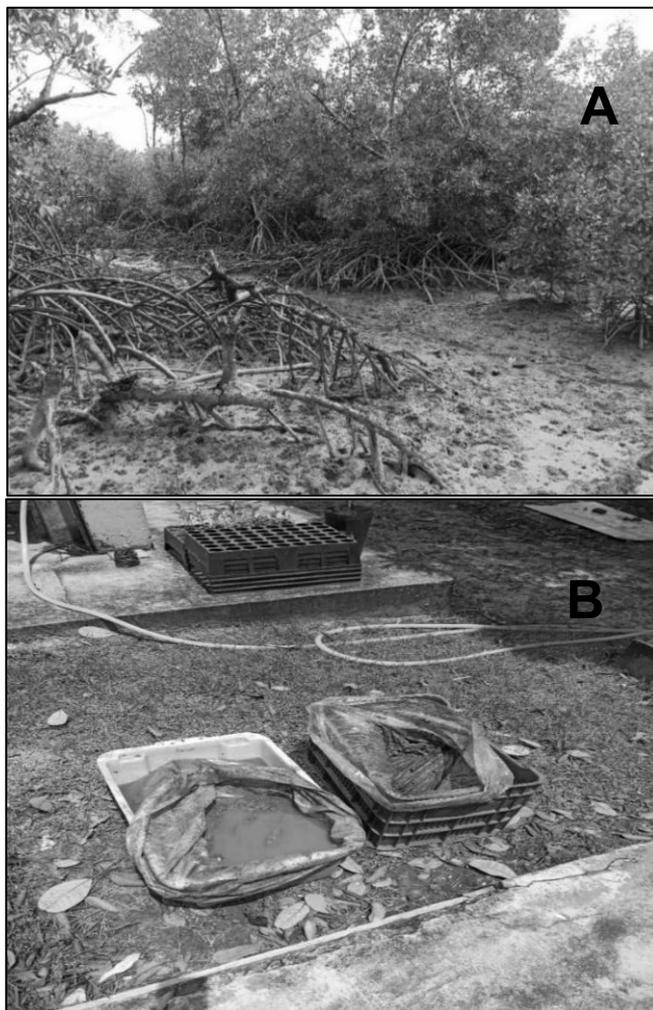


Figura 3 A- Local de coleta do sedimento na praia do mangue seco; B- Sacos com sedimento estocados em engradados plásticos no viveiro CERMANGUE/UFMA. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

3.4 Água

A água foi coletada no meio do estuário e transportada para o laboratório em bombonas de 60 L, onde foi realizada a medição da salinidade com o refratômetro Quimis modelo 767-3 (Figura 4).



Figura 4 Canal de coleta da água para a borrifação dos propágulos no viveiro; B- Bombona de 60 litros com água da maré. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

3.5 Propágulos

A coleta ocorreu no dia 23 de abril de 2021 na Praia do Mangue Seco, município de Raposa, durante o período baixamar. Foram coletados manualmente 210 propágulos não herbivorados de *Rhizophora mangle* conhecida popularmente como mangue vermelho, diretamente dos ramos cortados acima do primeiro par de folhas, preservando-se os frutos envoltivos dos cotilédones, e transportados em cofos de palha de modo a evitar a desidratação (Figura 5).



Figura 5 Coleta dos propágulos de *Rhizophora mangle*. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

3.6 Procedimentos experimentais

O experimento foi organizado no viveiro do CERMANGUE/UFMA, área coberta com sombrite 75% sem fissuras. Para a confecção e plantio das mudas de *Rhizophora mangle*, os propágulos coletados passaram por uma triagem, no qual se selecionam os propágulos mais saudáveis, ou seja, os que não tiverem nenhum furo, corte ou algum tipo de deformação na sua estrutura, para que não prejudique o seu desenvolvimento ao longo do experimento. Após, iniciou-se a preparação do sedimento que foi homogeneizado em engradados de plásticos, em seguida transferiu-se o sedimento para os sacos de mudas para fazer o plantio dos propágulos, destacando-se o fruto e colocando um propágulo por saco como demonstrado nas figuras de 6 a 9.



Figura 6 Triagem dos propágulos de *Rhizophora mangle* no viveiro CERMANGUE.
Fonte: Flávia Mochel, 2021.



Figura 7 Homogeneização do sedimento dentro do engradado de plástico. Fonte:
Flávia Mochel, 2021.



Figura 8 Preenchendo os sacos de mudas com o sedimento (lama). Fonte: Flávia Mochel, 2021.



Figura 9 Plantio dos propágulos de *Rhizophora mangle* um por saco. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

Este experimento foi dividido em sete tratamentos, com três repetições (experimento 01, réplica e tréplica), cada tratamento recebeu 30 mudas que foram separadas 10 para cada repetição. Sobre as bancadas dos viveiros, em cada repetição, foram enfileirados cinco sacos de mudas, totalizando 10 para cada e devidamente separados para os respectivos volumes de óleo diesel S-10: 7,5ml, 10 ml, 15ml, 20 ml, 30 ml e 50 ml e um tratamento controle como mostrado na (Figura 10).

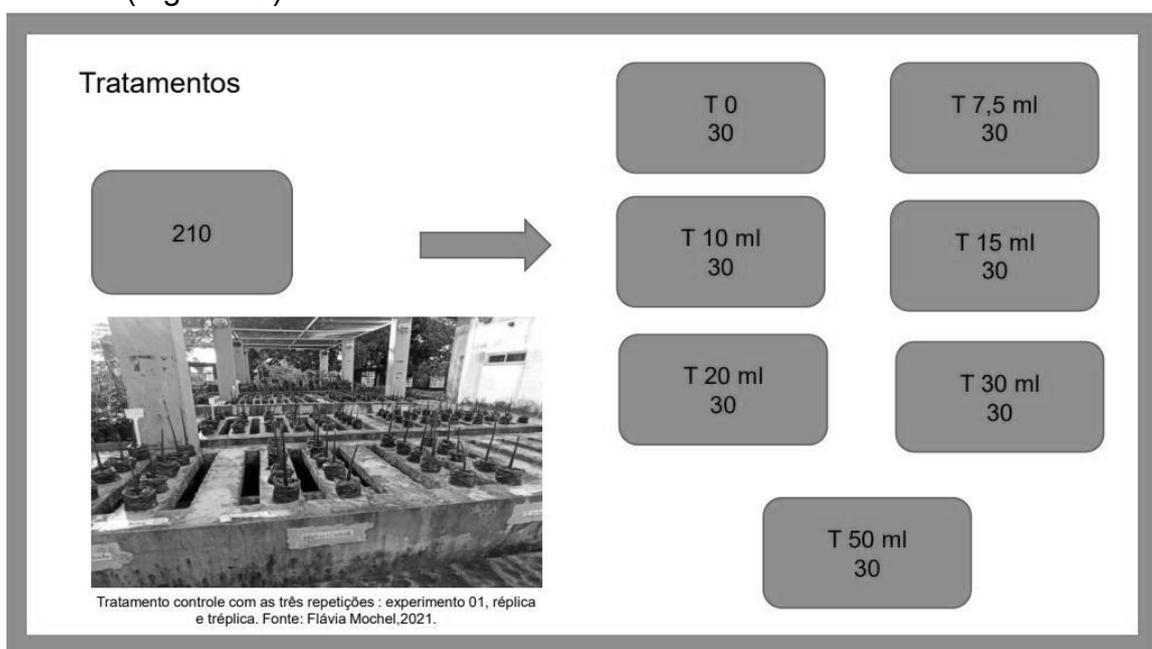


Figura 10 Divisão dos propágulos por tratamento.

As mudas receberam as regas todos os dias com água do estuário e água doce (torneira) com auxílio de um borrifador, até atingirem o terceiro par de folhas. Para as análises de desenvolvimento estrutural, foram realizadas medidas de altura (A), com o auxílio de fita métrica, e diâmetro na altura da base (DAB), com o ajuda de paquímetro. As medições foram feitas mensalmente durante 6 meses.



Figura 11 A- Rega dos propágulos com auxílio de um borrifador; B- Medição da altura dos propágulos com fita métrica; C- Medição da base do caule com paquímetro. Fonte: Gabrielle Abreu, 2021.

3.7 Óleo diesel

O óleo diesel é caracterizado quimicamente por leves parcelas de querosene e naftas (em torno de 5 a 10 % de concentração) e partes mais pesadas, como o óleo leve, com temperatura de destilação entre 160 ° C e 380 ° C, adquiridos após o craqueamento do petróleo. Constituído por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio), parafínicos, oleofínicos e aromáticos e por substâncias que possuem em sua fórmula átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, em menores qualidades (AGUIAR, 2013; SILVA, 2016).

De acordo com a ANP nº 50/2013 (BRASIL,2013) os dieses rodoviários no Brasil são classificados como:

- a) Óleo diesel A: combustível produzido nas refinarias, nas centrais de matérias-primas petroquímicas e nos formuladores, ou autorizado nos termos do § 1º do art. 1º, destinado a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário, sem adição de biodiesel;
- b) Óleo diesel B: óleo diesel A adicionado de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente.

Os dieses são classificados de acordo com o teor de enxofre, conforme a nomenclatura da resolução ANP nº 50/2013 (BRASIL, 2013) (Tabela 1).

Tabela 1 Classificação do teor de enxofre conforme a resolução ANP 50/2013. Fonte: Brasil,2013.

Óleo diesel	Teor de enxofre (mg Kg ⁻¹)
A S 10 e B S 10	10
A S 500 e B S 500	500

O óleo diesel S- 10 utilizado no experimento foi adquirido em um Posto de Gasolina e armazenado em um galão de plástico de 5 litros. O óleo Diesel S-10 (OD) foi transferido para um béquer, e com ajuda de uma pipeta as quantidades para os volumes :7,5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 30 ml e 50 ml, foram retiradas. Em seguida, foi feita uma abertura no sedimento próximo ao caule do propágulo e o óleo foi adicionado.



Figura 12 A- ÓD S-10 armazenado em um galão de 5 litros; B- OD sendo transferido para um béquer; C- Adição do OD direto no sedimento com os propágulos plantados. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

3.8 Análise granulométrica

WENTWORTH 1922 desenvolveu uma tabela baseado no tipo de transporte da partícula. Além do mais cada espaço de classe compreendia o valor em milímetros. Com isso, KUMBREIN (1934) elaborou uma escala logarítmica comparando aos valores em milímetros com uma unidade chamada "phi" (ϕ) (Tabela 2).

Tabela 2 Escalas granulométricas de WENTWORTH 1922 e KRUMBREIN 1934 classificando o tamanho do grão em mm e phi

Escala Wentworth(mm)	Escala phi ϕ	Tipo de Sedimento
256	-8	> Matação
64	-6	> Bloco
32	-5	> Seixo
2	1	> Grânulo
1	0	> Areia Muito Grossa
0,5	1	> Areia Grossa
0,25	2	> Areia Média
0,125	3	> Areia Fina
0,062	4	> Areia Muito Fina
0,313	5	> Silte Grosso
0,0156	6	> Silte Médio
0,0078	7	> Silte Fino
0,0039	8	> Silte Muito Fino
0,00195	9	> Argila Grossa
0,00098	10	> Argila Média
0,00049	11	> Argila Fina
0,0015	12	> Argila Muito Fina

Para esta análise, as técnicas utilizadas foram o peneiramento na qual se separa os sedimentos maiores que 0,062 mm, e a pipetagem que determina a quantidade de material fino que existe nas frações dimensionais que estão primeiramente estabelecidas, de acordo com a velocidade da sedimentação de cada fração, sendo determinado por retiradas de alíquotas através da pipetagem, ou, sedimentação pela Lei de Stokes (Suguio,1973).

Esta lei determina que a velocidade de decantação das partículas é proporcional à diferença de densidade entre as partículas e o fluido e o

quadrado do diâmetro da partícula, e inversamente proporcional à viscosidade do fluido. (Tabela 3).

Tabela 3 Velocidade de decantação das partículas sedimentares segundo à modificação da Lei de Stokes por Wadell (1936).

DIÂMETRO DA PARTÍCULA	VELOCIDADE DE DECANTAÇÃO
4 Ø ou 0,0625	0,22 3 cm/s
5 Ø ou 0,031	0,05 58 cm/s
6 Ø ou 0,0156	0,01 39 cm/s
7 Ø ou 0,0078	0,00 349 cm/s
8 Ø ou 0,0039	0,00 087 cm/s
9 Ø ou 0,0020	0,00 0217 cm/s
10 Ø ou 0,00098	0,00 0054 cm/s
11 Ø ou 0,00049	0,00 0013 cm/s

Após a homogeneização do sedimento foi recolhida uma pequena quantidade foi recolhida, transferida para copos de vidros e estes colocados na estufa para secar a 50 graus por 72 horas. Depois da secagem por completo, a amostra foi retirada dos copos depositada em um pilão de porcelana e macerados estes processos estão representados pela figura 15, e com isso deu-se início as análises granulométricas.





Figura 13 A- Amostra retirada para secagem; B- Sedimento seco e C-Processo de maceração do sedimento. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

Para o processo de pipetagem, foram pesados 50 gramas ou mais da amostra seca em uma balança digital e este será o peso inicial de lama. Em seguida foi utilizado uma peneira de 0,062 mm para iniciar a lavagem com água destilada, durante este procedimento se o sedimento passar para o fundo da peneira trata-se de sedimentos finos, a lavagem é terminada quando a água apresenta um aspecto limpo sem sedimento, demonstrado na (figura 15). Depois, toda a amostra lavada foi colocada em uma proveta de 1000 ml e identificada como Amostra 1, adicionou-se antifloculante oxalato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) para impedir a floculação das argilas e completou o volume da proveta com água destilada para que atingisse os 1000 ml, após homogeneizou-se a amostra com a ajuda de um bastão e iniciou a contagem do tempo como mostrado na (tabela 4).

A cada tempo completado retirou-se 20 ml de amostra com auxílio de uma pipeta na profundidade indicada, após a coleta do material pipetado foi colocado em um béquer pré pesado e levado para a estufa para secar, depois pesá-lo novamente com o sedimento seco e anotar



Figura 14 A- Pesando o sedimento; B- Lavagem; C- Proveta com material para a pipetagem.
Fonte: Flávia Mochel, 2021

Tabela 4 Tempo e profundidades das pipetagens. Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica- Fundação Universidade de Rio Grande.

PROFUNDIDADE	TEMPO
10 cm	1 minuto e 56 segundos
10 cm	7 minutos e 44 segundos
10 cm	31 minutos
10 cm	2 horas e 30 minutos
10 cm	8 horas e 10 minutos
5 cm	16 horas
5 cm	65 horas

Para o procedimento de peneiragem, o que ficou retido no fundo da peneira é transferido para um frasco e levado para estufa para secar. Depois de seca, pesar e anotar e esse será o peso inicial de grosseiros. Em sequência, foi montado um conjunto de 11 peneiras em ordem decrescente, ou seja, da maior abertura para a menor, e verificado se as mesmas estavam limpas para que não alterasse os resultados da análise. A amostra foi espalhada na primeira peneira, depois agitou-se por 10 minutos, representados pela figura 16.

Após o período de agitação foi retirado o material retido em cada peneira, com ajuda de pincel para limpar toda a malha. Para auxiliar, utilizou-se uma folha de papel A5 para recolher o sedimento e foi transferido para frascos identificados com número de cada malha da peneira e da amostra. Repetiu-se este processo para todas as peneiras, incluindo o fundo. E por fim, pesou-se todos os frascos com amostra correspondente de cada peneira e anotou-se como demonstrado na figura 17 e 18. Todos os procedimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica (LEOG) alocado no Departamento de Oceanografia e Limnologia (UFMA).

Os dados da análise granulométrica foram avaliados pelo software SysGran, que é um programa para analisar o tamanho da partícula de sedimento. Este software foi desenvolvido para maximizar a velocidade da análise, sendo capaz de analisar centenas de amostras em poucos segundos e gerar diversos gráficos. Os resultados da análise incluem estatísticas de

sedimentos (média, mediana, seleção, assimetria e curtose) e a fração de tamanho de partícula (porcentagem de cascalho, areia, silte e argila). O SysGran caracteriza o final da sequência das amostras e classes de tamanho a partir da primeira célula em branco. Na primeira linha entra as classes de ϕ e na primeira coluna com o reconhecimento único das amostras (CAMARGO, 2006).



Figura 15 Retirada do sedimento retido na peneira. Fonte: Flávia Mochel, 2021.



Figura 16 A e B - Conjunto das 11 peneiras utilizadas na análise granulométrica. Fonte: Própria autora.

3.9 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas, os dados totais de altura e diâmetro da base de todos os tratamentos dos meses 6 de monitoramento foram submetidos ao teste de Kruskal- Wallis ($p < 0,05$), seguido de Mann-Whitney, devido a não apresentarem distribuição normal. Os dados da análise granulométrica foram analisados pelo software SysGran 3.0 msi.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento dos propágulos foi avaliado até quando atingiram a fase de plântula com 3 níveis de folhas. O tratamento controle apresentou um bom crescimento, entretanto o desenvolvimento dos lotes contaminados foi afetado pelo poluente óleo diesel como poder ser observado na figura 18. Dentre os lotes contaminados o que se demonstrou mais vulnerável foi de 10 ml como mostrado na tabela 5. Segundo SILVA *et al.*, 2016, a poluição do solo ocorre pela introdução de elementos ou substâncias que podem afetar as atividades dos componentes biológicos do ecossistema, causando danos à sua funcionalidade e sustentabilidade. A poluição do solo por óleo diesel está relacionada diretamente ao crescimento das plantas, devido as concentrações desse resíduo afeta diretamente o seu desenvolvimento.

Tabela 5 Taxa de sobrevivência x mortalidade das mudas de *Rhizophora mangle*, durante o experimento.

N TOTAL DE PROPÁGULOS = 210					
Volume	N total de propágulos por tratamento	Sobreviventes	Mortalidade	Taxa de mortalidade	Taxa de sobrevivência
Controle	30	28	2	6%	94,00%
7,5 ml	30	17	13	46%	56%
10 ml	30	10	20	66%	34%
15 ml	30	21	9	30%	70,00%
20 ml	30	20	10	66,00%	34%
30 ml	30	21	9	30%	70%
50 ml	30	24	6	20%	80%



Figura 17 Mudanças da *Rhizophora mangle* nos tratamentos A- controle; B- 7,5 ml; C- 10 ml; D- 15 ml; E- 20 ml; F- 30 ml e G-50 ml. Fonte: Flávia Mochel, 2021.

Foram avaliados estatisticamente todas as medidas de altura e diâmetro da base de todos os tratamentos dos 6 meses de monitoramento, onde os resultados mostraram que houve diferença significativa na altura entre o controle e os tratamentos contaminados com de $p= 2,458E-19$, demonstrando que o controle teve um maior desenvolvimento em altura do que os demais tratamentos, sendo que o tratamento mais afetado foi o de 15 ml. Para diâmetro da base, também houve diferença com valor de $p= 6,379E-10$, em relação do controle com os demais contaminados, tendo como tratamento 20 ml o mais vulnerável, que pode estar relacionado a textura dos propágulos, pois muitas espécies de mangue têm grandes propágulos e as reservas contidas neles apoiam o crescimento a longo prazo. Portanto, as reservas dos propágulos podem desempenhar um grande papel no desenvolvimento inicial das mudas sobre efeitos estressantes (NAIDOO, 2016). Estes resultados estão demonstrados nas figuras 19 e 20.

	T 0	T 7,5 ml	T10 ml	T 15 ml	T 20 ml	T 30 ml	T 50 ml
T 0		1,712E-09	1,562E-16	8,209E-19	4,97E-11	6,911E-12	2,097E-06
T 7,5 ml	1,712E-09		0,03451	0,0009247	0,4021	0,7639	0,5422
T10 ml	1,562E-16	0,03451		0,3316	0,2762	0,06323	0,01511
T 15 ml	8,209E-19	0,0009247	0,3316		0,0293	0,002837	0,001673
T 20 ml	4,97E-11	0,4021	0,2762	0,0293		0,508	0,2196
T 30 ml	6,911E-12	0,7639	0,06323	0,002837	0,508		0,2103
T 50 ml	2,097E-06	0,5422	0,01511	0,001673	0,2196	0,2103	

Figura 18 Resultado de Mann Whitney para a altura..

	T 0	T 7,5ml	T 10 ml	T 15 ml	T 20 ml	T 30 ml	T 50 ml
T 0		5,48E-07	0,0008434	4,916E-11	0,0335	3,698E-07	2,567E-07
T 7,5ml	5,48E-07		0,1937	0,3223	0,01206	0,4118	0,6089
T 10 ml	0,0008434	0,1937		0,0224	0,2499	0,03913	0,2932
T 15 ml	4,916E-11	0,3223	0,0224		0,0003213	0,8035	0,05509
T 20 ml	0,0335	0,01206	0,2499	0,0003213		0,002102	0,01826
T 30 ml	3,698E-07	0,4118	0,03913	0,8035	0,002102		0,2875
T 50 ml	2,567E-07	0,6089	0,2932	0,05509	0,01826	0,2875	

Figura 19 Resultados de Mann Whitney para o diâmetro da base.

Segundo SAMPAIO (2015), as mudas de *Rhizophora mangle* quanto expostas aos sedimentos contaminados com petróleo bruto tem o crescimento e o desenvolvimento da folha são reduzidos. E as mudas dos tratamentos contaminados reduzem em mais de 50 % no crescimento quando comparadas ao controle, estes efeitos tóxicos são atribuídos aos hidrocarbonetos

policíclicos aromáticos do petróleo bruto e baixos níveis de nitrogênio nos sedimentos contaminados.

Os compostos de hidrocarbonetos são tóxicos para as plantas por causa de seus componentes voláteis presente na mistura, que podem passar através da membrana das células produzindo efeitos tóxicos na sua hidrofobicidade, que podem impedir a penetração de água e aeração necessária para o crescimento das plantas (SAMPAIO, 2015).

De acordo com LISBOA (2021) nos últimos anos, pesquisas têm sido realizadas para tentar analisar o desenvolvimento de plantas em solo contaminado por óleo diesel, buscando resultados de pesquisas para entender como as plantas respondem ao tempo ou nível de poluição. Portanto, algumas plantas mostrarão sinais óbvios, enquanto outras podem mostrar tolerância a este tipo de exposição. A maior parte do petróleo é composta por hidrocarbonetos que é uma mistura de compostos orgânicos, com predominância de hidrocarbonetos saturados e aromáticos. Quando as plantas são expostas aos hidrocarbonetos, podem reduzir o crescimento, não conseguem realizar a fotossíntese, ficando incapazes de fixar o oxigênio, a fertilidade é reduzida e ocorre a morte das plantas.

4.1 Análise granulométrica

A análise do sedimento se caracterizou como areia muito fina (3,6), se demonstrou pobremente selecionado (1,4), com assimetria positiva (0,6), e com curtose (1,6). A partir da análise granulométrica, os sedimentos foram classificados como cascalho, areia, silte e argila. Os parâmetros texturais do sedimento apresentaram a seguinte ordem: cascalho 0,1082 %, areia 71,09%. Silte 23,5% e argila 5,303%. Os resultados estão demonstrados abaixo na tabela 6.

Tabela 6 Resultados da análise granulométrica.

	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria
MANGUE	3,652	Areia muito fina	3,266	1,423	Pobremente selecionado	0,6145

Classificação	Curtose	Classificação	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
Muito positiva	1,627	Muito leptocúrtica	0,1082	71,09	23,5	5,303

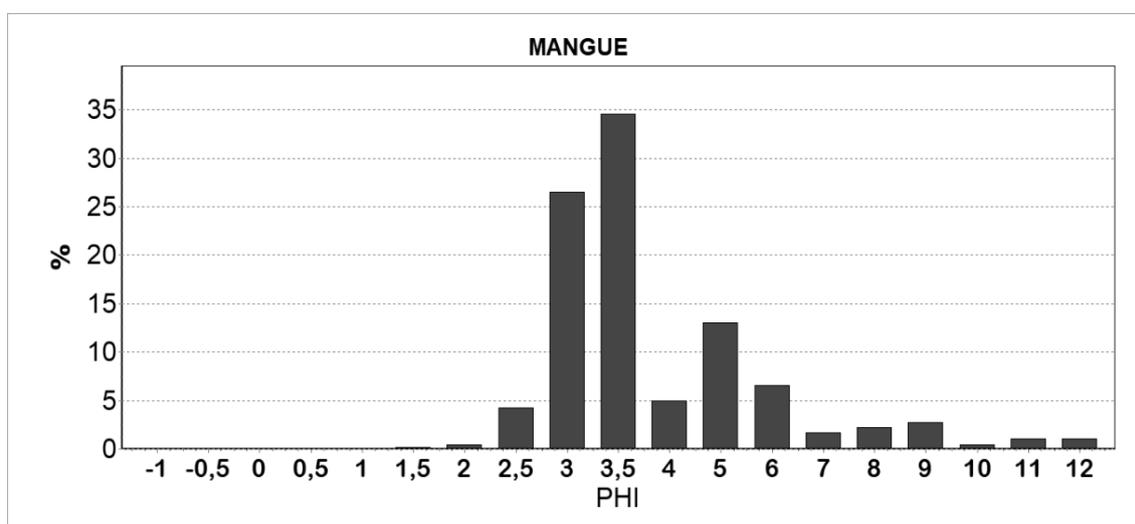


Figura 20 Representação em formato de histograma dos resultados para análise granulométrica.

ARAÚJO *et al* (2014), em seu experimento avaliou o desenvolvimento de mangue a *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e a *Rhizophora mangle* em diferentes substratos sendo eles o solo de mangue, areia e lotossolo e ao final do experimento constataram que estas espécies se desenvolveram independente do substrato testado.

Enquanto que DO NASCIMENTO (2015), destacou que as árvores do gênero *Rhizophora* se desenvolvem melhor em solo siltoso, submerso em água salobra e protegido dos efeitos direto das ondas, estes solos que sustentam este tipo de mangue tem um alto valor de pH, uma alta relação C/N e um alto nível de nutrientes, especialmente aqueles relacionados à matéria orgânica.

Por outro lado, PASSOS (2015), cita em seu estudo que as espécies do gênero *Rhizophora mangle* estão localizadas em lugares com maiores concentrações de matéria orgânica, em comparação onde as espécies de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* predominam, geralmente onde

há pH maior que 7,0, e principalmente com textura arenosa e o valor de salinidade entre 29,6% e 32%.

Já BEZERRA (2015), fala em seu trabalho que as árvores de *Rhizophora mangle* formam grandes florestas em estuários de longos rios tropicais preferencialmente em solo lamacento, com depósitos de argila fina e conteúdo de carbono orgânico relativamente alto. Suportam crescimento em sedimentos aeróbios com alta concentração de sulfeto, mas também se desenvolvem lugares com sedimentos aeróbicos, com textura de fina a pesada (sedimentos arenosos ou argilosos).

PRADI (2016), descreve que desenvolvimento de propágulos de *R. mangle* em viveiro, onde estes foram plantados em sacos com sedimentos de 70 % de terra e 30% de areia lavada, ao final do experimento foi verificado o crescimento médio dos propágulos entre $\pm 4,83$ após 180 dias de observação.

NOVA *et al.*, (2018), em seu estudo no estuário do rio Maracáipe no estado de Pernambuco, relacionou a presença de *R.mangle* ao sedimento arenoso, relacionando que em áreas com maior energia das marés, os sedimentos muitas vezes consistem em partes mais grosseiras, enquanto que em locais com menor energia há a deposição de partículas mais finas. A autora também citou a composição principalmente arenosa que pode promover a expansão de espécies, uma vez que o sistema radicular de *R.mangle* não ultrapassa 50 cm, e se expande no sedimento radialmente. A densidade dos sedimentos arenosos é menor que a dos sedimentos argilosos, o que é propício para o crescimento e desenvolvimento da planta.

4.2 Anomalias caulinares e foliares

Durante o experimento, algumas mudas de *R. mangle* tanto do sedimento controle quanto do sedimento contaminado 10 ml, 20 ml e 50 ml, apresentaram manchas amareladas nas folhas e uma significativa redução no número de folhas. Nos lotes de 7,5 ml, 10 ml e 15 ml, 20 ml, 30ml e 50ml, as folhas demonstraram deformidade, manchas escuras e possível ataque de herbívoros sendo que no tratamento de 15 ml o par de folhas murcharam, estes efeitos podem ser considerados agudos, ilustradas nas figuras de 21 a 27.

Segundo CAMARGO *et al.*, (2013), os efeitos agudos e crônicos diferem de acordo com o tipo de planta e óleo envolvidos. Quando em contato com o óleo, as árvores adultas e juvenis sofrem severa perda de folhas, (como

consequência da clorose e murchamento) e a morte subsequente nas primeiras semanas, estes considerados efeitos agudos. Depois do primeiro mês, são comuns efeitos crônicos como anomalias nos pneumatóforos, lenticelas e tronco, diminuição na produção de folhas, reprodução prejudicada, redução do tamanho das folhas, mutações e, no caso das plantas juvenis, o crescimento é prejudicado.

LISBOA (2021), cita em seu trabalho que a exposição a longo prazo aos hidrocarbonetos também causa mudanças no tecido foliar, levando a aparição de manchas nas folhas, quando estudaram espécies de plantas que crescem em solos contaminados por óleo diesel e gasolina.

Os efeitos agudos podem ter sido causados provavelmente não pela toxicidade rápida e pela presença dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos que prejudicam os tecidos, mas também pelo estresse e impossibilidade de realizar a fotossíntese e trocas gasosas propicias com o ambiente (CAMARGO, 2013).

No tratamento de 15 ml, houve deformidade nos caules de alguns dos propágulos apresentado também machas escuras, no 20 ml houve clorose no caule, mostrados nas figuras 24 e 25. Já no tratamento de 30 ml, um propágulo rebrotou com bifurcação lateral depois de morto, figura 26. De acordo a NOAA (2014), as plantas de mangue quando são atingidas por derramamento de petróleo, podem desenvolver adaptações morfológicas para ajudá-los a sobreviver as consequências físicas ou químicas da poluição residual por óleo. Essas modificações podem exigir o consumo de energia adicional, que por sua vez pode reduzir a capacidade dos manguezais de resistir não a outras tensões relacionadas a vazamento que possa encontrar.



Figura 21 Mudanças de *Rhizophora mangle* com folhas amareladas no lote controle. Fonte: Própria autora.



Figura 22 Folhas do lote contaminado 7,5ml com ataque de herbívoros e deformidade na lateral. Fonte: Própria autora.



Figura 23 Folhas com ataque de herbívoros, amareladas e com manchas escuras no tratamento 10 ml. Fonte: Própria autora.





Figura 24 Folhas com manchas escuras, par de folhas danificado e caules com necrose no lote 15 ml. Fonte: Própria autora.



Figura 25 Folha com mancha escura na lateral e caule com necrose no lote 20 ml. Fonte: Própria autora.



Figura 26 Folha com manchas escuras na borda e caule com bifurcação lateral no lote de 30 ml. Fonte: Própria autora.

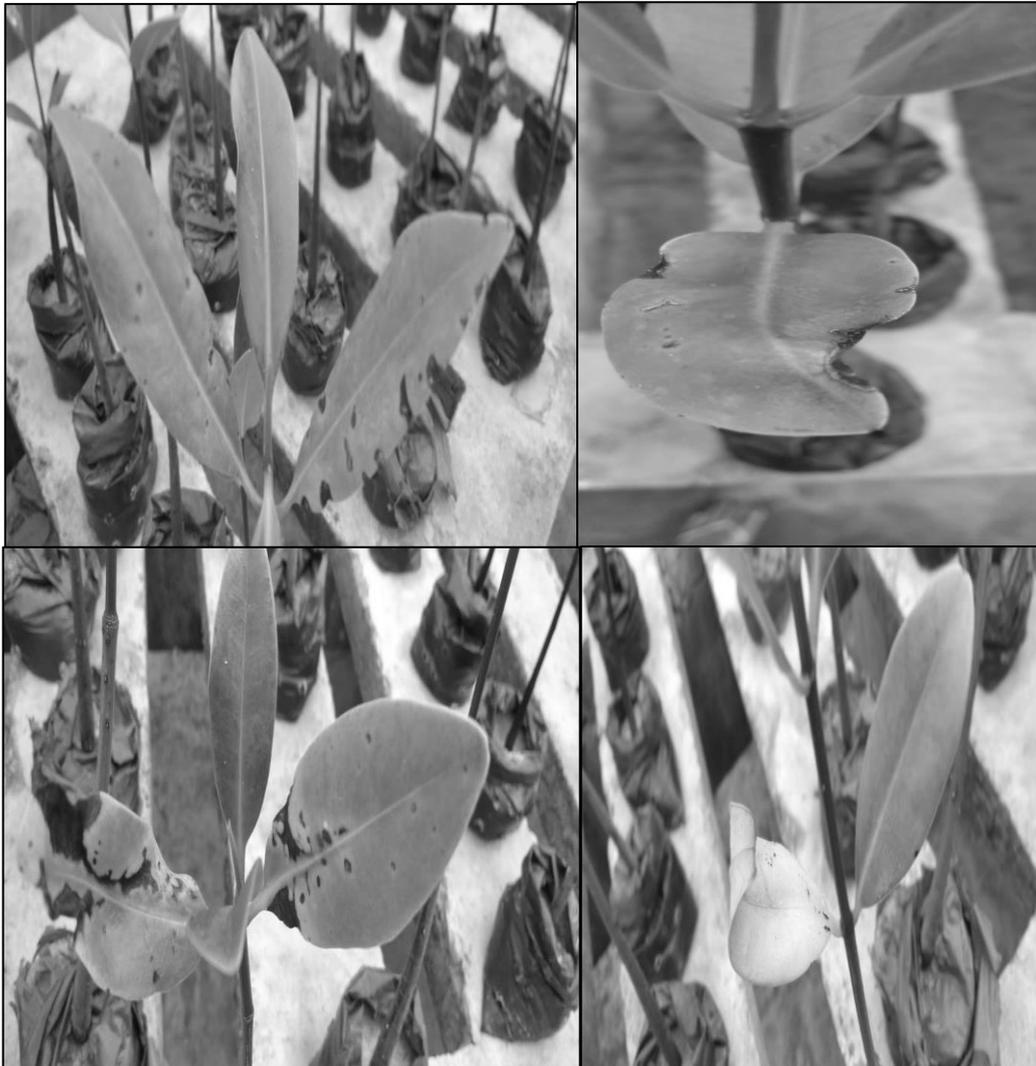


Figura 27 Folhas com manchas escuras e amareladas no lote 50 ml. Fonte: Própria autora.

5. CONCLUSÃO

Aparentemente os efeitos negativos do óleo diesel dificultaram o desenvolvimento das mudas de *Rhizophora mangle*, além de reduzirem o crescimento. Também foi possível observar anomalias foliares como manchas escuras, amarelamento e murchamento de um par de folhas, e caulinares como necrose, clorose e bifurcação lateral fazendo com que a espécie se torne vulnerável ao óleo diesel.

Sugere-se que mais estudos sejam realizados selecionando propágulos de mesma altura, diâmetro da base e peso plantados com adição dos mesmos volumes de óleo diesel, para avaliar se o desenvolvimento estrutural será o mesmo deste presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Rebeca Tibau. **Avaliação Física, Química e Microbiológica do Diesel, Biodiesel e Suas Misturas Durante a Logística de Distribuição**. 2013. 76 f. Dissertação de Mestrado (Mestre Pós graduação em Química) - Universidade Federal da Paraíba, [S. l.], 2013;
- ALENCAR, Thaís dos Santos *et al.* Contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo: uma ameaça para os manguezais. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Rio de Janeiro : ResearchGate, ed. 2, ano 2017, n. 10, p. 7-24, 10 out. 2017. Anual. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/318668011_Contaminacao_por_metalis_pesados_e_hidrocarbonetos_de_petroleo_uma_ameaca_para_os_manguezais. Acesso em: 17 nov. 2021.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: . Acesso em: 17 nov. 2021;
- ARAUJO, Erneida Coelho *et al.* Qualidade das mudas de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 11, n. 1/2, p. 21-32, 2014.
- BARROS, VITÓRIA PETRA DE OLIVEIRA. **BOSQUES DE MANGUE DO ESTUÁRIO DA LAGOA DO JEQUIÁ, ALAGOAS: CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL**. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Unidade Educacional Penedo, [S. l.], 2019.
- BEZERRA, WALDERLY MELGAÇO. **MICROBIOMA DE SEDIMENTOS DE MANGUEZAIS BRASILEIROS E SEU POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO**. 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2015.
- CAMARGO, Mauricio Garcia; NARDES, Emanoela; LANA, Paulo Cunha. Efeitos de um derrame experimental de óleo bunker na sobrevivência e taxas de crescimento de plântulas de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 53-67, 2013.
- CHEQUER, Luciana *et al.* Response of mangrove propagules to the presence of oil-and hydrocarbon-degrading bacteria during an experimental oil spill. **Latin american journal of aquatic research**, v. 45, n. 4, p. 814-821, 2017.

DA SILVA, Daniel Dionísio Ferreira. **Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Languncularia racemosa***. 2018. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Oceanografia) - Universidade Federal do Maranhão, [S. l.], 2018.

DA SILVA, Gabriel Rosa et al. Avaliação do desenvolvimento da espécie *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) sobre doses de óleo diesel. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 2, p. 205-211, 2016.

DA SILVA, Marcelle Almeida. **EFEITO DO SOLO CONTAMINADO POR ÓLEO DIESEL NA GERMINAÇÃO E FISIOLOGIA DE *Hymenaea courbaril* L e *Jatropha curcas* L**. 2016. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, [S. l.], 2016;

DE CAMARGO, Mauricio Garcia. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 371-378, 1999.

DIAS, J. Alveirinho. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**. Universidade do Algarve, UALg, 84p. E-book disponível em: http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html. Acesso em 10 de Junho de 2021;

DO NASCIMENTO, Bruno Delano Chaves. **ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FOLHAS DE MANGUE VERMELHO (*Rhizophora mangle* L.) EM UM MANGUEZAL E ÁREA TRANSICIONAL EM SÃO JOÃO DE PIRABAS, PARÁ**. 2015. 113 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Ambientais) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, [S. l.], 2015

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados/ma/raposa**, 2021. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/raposa.html> Acesso em: 20 de nov.2021

LISBOA, Lucas Aparecido Mazanni *et al.* **DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA QUANDO CULTIVADA EM SOLOS COM DIFERENTES PERÍODOS DE REPOUSO APÓS A CONTAMINAÇÃO POR ÓLEO DIESEL.**, [s. l.], v. 18, ed. 1, p. 117-132, 31 ago. 2021. DOI <https://doi.org/10.3738/1982.2278.3895>. Disponível em: <http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/3895/3357>. Acesso em: 20 nov.2021.

MOCHEL, Flávia Rebelo. Manguezais amazônicos: status para a conservação ea sustentabilidade na zona costeira maranhense. **Amazônia maranhense: diversidade e conservação**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

NAIDOO, Gonasageran. **Mangrove propagule size and oil contamination effects: Does size matter?**. Marine pollution bulletin, v. 110, n. 1, p. 362-370, 2016.

NOAA, 2014. **Derramamentos de óleo em manguezais. Considerações sobre planejamento e resposta**. Departamento dos EUA ment of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Ocean Service, Office of Response and Restoration, Seattle, Washington (96 pp.).

NOVA, Fátima Verônica Pereira Vila; TORRES, Maria Fernanda Abrantes; COELHO, Mariana Pessoa. Composição físico-química de solos em espécies arbóreas do ecossistema manguezal. **Acta Geográfica**, v. 11, n. 27, p. 1-19, 2018.

OLIVEIRA, Francisca Rosaline. **CONHECIMENTO ECOLÓGICO DA ESPÉCIE DE MANGUE DE BOTÃO (CONOCARPUS ERECTUS): O PASSEIO TURÍSTICO NO PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA – CEARÁ**. 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Acaraú, [S. l.], 2019.

PASSOS, Tassia Raquel Garcês. **MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO E CARBONO E DINÂMICA DO Fe EM FUNÇÃO DO TIPO DE VEGETAÇÃO E DO EFLUENTE DE CARCINICULTURA EM SOLOS DE MANGUEZAIS**. 2015. 59 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2015.

PEREIRA, Daniel de Matos. **Caracterização sedimentar das praias da ilha do Maranhão**. 2018. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Oceanografia) - Universidade Federal do Maranhão, [S. l.], 2018

PRANDI, Marcos Fernando. **CRESCIMENTO EM ALTURA DE PROPÁGULOS DE MANGUE-VERMELHO (Rhizophora mangle) EM TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS COM DIFERENTES SUBSTRATOS DE CULTIVO**. 2016. 53 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia) - UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA, [S. l.], 201

SAMPAIO, Carla Jaqueline Silva. **Estudos de fitorremediação de solos contaminados com diesel utilizando *Rhizophora mangle* L. e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas.** 2015. 87 f. Dissertação de Mestrado (Mestre em Biotecnologia.) - Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia, [S. l.], 2015.

SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge et al. PERFIL SÓCIOECONÔMICO DE PESCADORES DO MUNICÍPIO DA RAPOSA, ESTADO DO MARANHÃO. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. I-IVX, 2011.

SOUZA, Caroline A. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. **Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: Unesp**, p. 16-56, 2018.

STUPP, D. R. G.; KOLICHESKI, M. B.; GARCIA, L.; RAMOS, E. Recuperação da vegetação de Manguezal: estudo de caso do rio Sabó (Santos-SP). **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 16, n. 8, 7 ago. 2019