



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação Instituída nos termos da Lei 5.152 de 21/10/1966 – São Luís – Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

GIRLENE RIBEIRO GARCIA

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO (ODM 60°C) NA GERMINAÇÃO
DE PROPÁGULOS DE MANGUE *Laguncularia racemosa* C.F GAERTN.**

SÃO LUÍS-MA

2022

GIRLENE RIBEIRO GARCIA

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO (ODM 60°C) NA GERMINAÇÃO
DE PROPÁGULOS DE MANGUE *Laguncularia racemosa* C.F GAERTN.**

Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão, como
requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em
Oceanografia.

**Orientadora: Prof^a. Dra.
Flávia Rebelo Mochel.**

SÃO LUÍS-MA

2022

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

RIBEIRO GARCIA, GIRLENE.

INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO ODM 60°C NA
GERMINAÇÃO DE PROPÁGULOS DE MANGUE *Laguncularia racemosa*
C.F GAERTN / GIRLENE RIBEIRO GARCIA. - 2022.

26 p.

Orientador(a): FLÁVIA REBELO MOCHEL.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, SÃO LUIS-MA, 2022.

1. Efeitos fisiológicos. 2. Germinabilidade. 3.
Manguezal. 4. Recuperação ecológica. I. REBELO MOCHEL,
FLÁVIA. II. Título.

GIRLENE RIBEIRO GARCIA

**INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO (ODM 60°C) NA GERMINAÇÃO
DE PROPÁGULOS DE MANGUE *Laguncularia racemosa* C.F GAERTN.**

Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão, como
requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em
Oceanografia.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Flávia Rebelo Mochel (DEOLI/UFMA) ORIENTADORA

Prof. Dra. Ilisandra Zenandrea (DEBIO/UFMA)

Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo (CCPP/UFMA)

Dedico este trabalho ao meu filho Pedro Henrique Garcia Sampaio que todos os dias me ensina o verdadeiro sentido da vida. Aos meus pais José Garcia e Vitória Garcia que me incentivaram, apoiaram e estiveram sempre ao meu lado. Obrigada pela confiança em mais esta etapa de minha vida, minha eterna admiração, respeito e amor.

GRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas oportunidades que tenho em minha vida.

Ao meu marido Wellington Henrique Santiago Sampaio, pela confiança, dedicação, apoio e incentivo, pelo amor compartilhado e por todos os momentos de compreensão que me deram forças para continuar.

A minha orientadora, Professora Dr^a. Flávia Rebelo Mochel, pela orientação, disponibilidade, apoio, ensinamentos, confiança e amizade. Minha eterna gratidão e admiração a você.

As amigas que conquistei nessa grande caminhada, Bruna, Kellia, Joselia, muito obrigada pela presença de vocês nessa etapa da minha graduação. A amizade se fez em pouco tempo, mas com solidez e que dure eternamente.

Aos amigos do Laboratório LAMA/CERMANGUE da Universidade Federal do Maranhão. A Professora Ilisandra e ao Professor James Werllen pelas contribuições, sugestões e esclarecimentos. Ao Departamento de Oceanografia e Limnologia DEOLI/UFMA, pela formação profissional, pelo apoio concedido de seus funcionários e professores.

E a todos que de alguma forma me ajudaram no desenvolvimento desta monografia, GRATIDÃO!

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Área de coleta dos propágulos na praia do Mangue Seco, município de Raposa- MA. 14
- Figura 2:** A- Processo de triagem dos propágulos de *L.racemosa*; B- Adição da água estuarina nas cubetas; C- Adição do ODM nas cubetas; D- Adição dos propágulos nas cubetas submetidos a emulsificação em diferentes percentuais de ODM. 16
- Figura 3:** Resultado para a Germinabilidade (%) de *L. racemosa* nos tratamentos com óleo ODM por repetição..... 18
- Figura 4:** Resultado de mortalidade de *L. racemosa* nos tratamentos com ODM por repetição. 19
- Figura 5:** Análise de ordenação (MDS) para a germinação em diferentes tratamentos de ODM aplicados em propágulos de *L. racemosa*..... 21
- Figura 6:** Análise de agrupamento de Cluster com base na mortalidade, mostrando a similaridade entre os grupos. 22
- Figura 7:** A – Propágulo do tratamento controle saudável; B – Propágulo do tratamento 1,5% com protusão do hipocótilo voltado para o lado; C – Propágulo do tratamento 3% com hipocótilo radicular queimado; D – Propágulo do tratamento 4% com derretimento de partes. 22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Percentual de ODM utilizado nos tratamentos de cada repetição do experimento..... 15
- Tabela 2:** Germinabilidade (G%); Mortalidade (M%); Tempo médio de germinação (TMG); Valor médio de germinação (VMG) e Índice de velocidade de germinação (IVG) na germinação de propágulos de *L. racemosa* submetidos a diferentes concentrações de óleo diesel marítimo. (Mesma letra não difere entre si ao nível de probabilidade 5%)... 20

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de Variância One- way

CERMANGUE – Centro de Recuperação de Manguezais

DEOLI – Departamento de Oceanografia e Limnologia

G – Germinabilidade

LAMA – Laboratório de Manguezais

M – Mortalidade

MDS – Método de Escalonamento Multidimensional

ODM – Óleo Diesel Marítimo

R – Repetição

T – Tratamento

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA.....	14
2.1 Caracterização da área de coleta	14
2.2 Amostragem.....	14
2.3 Procedimentos experimentais	15
2.4 Teste de Germinação.....	16
2.5 Percentual de Mortalidade	17
2.6 Análise de dados.....	17
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 Anomalias morfológicas externas	22
4. CONCLUSÃO.....	23
5. REFERÊNCIAS	23
6. ANEXOS.....	26

INFLUÊNCIA DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO (ODM 60°C) NA GERMINAÇÃO DE PROPÁGULOS DE MANGUE *Laguncularia racemosa* C.F GAERTN.

Girlene Ribeiro GARCIA e Flávia Rebelo MOCHEL

Universidade Federal do Maranhão - (UFMA), Departamento de Oceanografia e Limnologia - (DEOLI), Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís - Maranhão, 65065-545, Brasil.

RESUMO

A zona costeira e marinha brasileira possui diversas funções ecológicas como: prevenção de inundações, manutenção do clima, reciclagem de nutrientes e substâncias poluidoras. É um valioso ecossistema no fornecimento de bens e serviços ambientais, econômicos e socioculturais. As espécies arbóreas de manguezal têm como característica a reprodução vivípara e sua dispersão ocorrem por meio das marés. A ação negativa de derramamento de óleos derivados de petróleo podem prejudicar o processo de germinação, seu crescimento, desenvolvimento e estabelecimento da plântula. O presente trabalho abordou a necessidade de investigar a capacidade germinativa de propágulos de *Laguncularia racemosa* submetidos ao óleo diesel marítimo para contribuir no processo de recuperação ecológica de manguezais. Os propágulos utilizados foram coletados na praia do Mangue Seco, município de Raposa. As amostras foram divididas em sete tratamentos com três repetições, totalizando 840 (oitocentos e quarenta) propágulos maduros, definidos como T₀= controle (sem adição de óleo diesel marítimo), T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, sendo estes submetidos a diferentes tratamentos de óleo diesel marítimo, respectivamente 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 3% e 4%, emulsificados em 500ml de água estuarina. Para analisar a influência do óleo diesel marítimo foram avaliadas as variáveis de germinabilidade (G%); o tempo médio de germinação (TMG); velocidade média de germinação (VMG); índice de velocidade de germinação (IVG) e taxa de mortalidade (M%). A influência do óleo diesel marítimo foi altamente negativa para a espécie estudada, dependendo da quantidade a espécie pode não ser capaz de sobreviver e tolerar o poluente em sua fase inicial. A espécie *L. racemosa* mostrou-se sensível ao stress causado pela substância adicionada, com possibilidade de haver perdas da espécie por acidentes envolvendo esse contaminante.

Palavras chave: Manguezal, Germinabilidade, Recuperação ecológica, Efeitos fisiológicos.

ABSTRACT

The Brazilian coastal and marine areas have several ecological functions such as: flood prevention, climate maintenance, nutrient recycling and polluting substances, is a valuable ecosystem in the supply of environmental, economic and sociocultural goods and services. Mangrove arboreous species are characterized by viviparous reproduction and their dispersion occurs through the tides. The negative action of spilling oil derived from petroleum can harm the germination process, its growth, development and the establishment of the seedling. The present survey addresses the need to investigate the germination

capacity of *L. racemosa* propagules submitted to marine diesel oil, towards contributing to the ecological recovery process of mangroves. The propagules used were collected at Mangue Seco beach, municipality of Raposa. The samples were divided into seven treatments and three replicates were performed, totaling 840 (eight hundred and forty) ripened propagules, defined as T0 = control (without the addition of marine diesel oil), T1, T2, T3, T4, T5 and T6, which were submitted to different treatments of marine diesel oil, respectively 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 3% and 4%, emulsified in 500ml of estuarine water. To analyze the influence of marine diesel oil, the variables of germination (G %) were evaluated; the average time of germination (ATG); the average germination speed (AGS); germination speed index (GSI) and mortality rate (M%). The influence of marine diesel oil was highly negative for the species analyzed, depending on the amount the species may not be able to survive and tolerate the pollutant in its initial phase. The species *L. racemosa* was sensitive to the stress caused by the substance with the possibility of losses of the species by accidents involving this contaminant.

Keywords: Mangrove, Germinability, Ecological recovery, Physiological effects.

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira e marinha brasileira é uma das principais áreas de tráfego de riquezas do país que apresenta intensa atividade de comércio e transportes, sofrendo alto impacto ambiental causado pela exploração antrópica. Possui diversas funções ecológicas como a prevenção de inundações, manutenção do clima e a reciclagem de nutrientes e substâncias poluidoras (MMA 2010; REDE BIOMAR 2016).

No Brasil, os manguezais têm uma área aproximada de 13.000 km² desde o Cabo Orange até o Sul, em Santa Catarina. Os estados do 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 são ecossistemas valiosos no fornecimento de bens e serviços ambientais, econômicos e socioculturais para as populações que vivem na zona costeira (MOCHEL 2016), promovendo abrigo para muitas espécies ameaçadas de extinção (MOCHEL *et al.* 2002) e regulação climática e hidrológica (MOCHEL 2011).

As espécies de mangue existentes no litoral brasileiro são *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisonii*, que constituem o grupo popularmente chamado de mangue vermelho; *Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana* que compõem o grupo conhecido por siriba, siriúba ou mangue negro; *Laguncularia racemosa*, chamada de tinteira, mangue manso ou mangue branco; e *Conocarpus erectus* conhecido popularmente como mangue-de-botão (MOCHEL 2011).

O gênero em estudo *Laguncularia* (família Combretaceae), tem apenas uma espécie arbórea nos manguezais brasileiros que é a *L. racemosa*. Raramente essa árvore atinge mais de 10 metros de altura, o tronco chega a medir por volta de 30 cm de diâmetro, apresentando casca fibrosa e coloração cinza clara, o que dá o nome popular a espécie. Ocorre principalmente na zona de interface entre os manguezais e o continente, associado a formações arenosas, nas margens de rios e ilhas (SCHULER *et al.* 2000; SILVESTRE *et al.* 2012).

Visualmente diferencia das outras espécies arbóreas por apresentar folhas opostas, de textura coriácea, com lâmina foliar elíptica arredondada nas extremidades e pecíolo avermelhado, que tem em sua base um par de glândulas arredondadas, que são nectários extraflorais (RODRÍGUEZ 2007), além de glândulas para exclusão do excesso do sal nas folhas, o que lhes garante ampla tolerância à salinidade (SILVA *et al.* 2010). Segundo Barroso *et al.* (1999), seus propágulos apresentam unidades de dispersão hidrocória, caracterizadas por um fruto do tipo núcula e um embrião, com endosperma ausente e cotilédones dobrados em torno do eixo hipocótilo radícula.

Segundo Mochel (2019) os manguezais são classificados como altamente vulneráveis pela sua diversidade, extensão dos bosques de mangue, elevada sensibilidade aos poluentes, longo período para a recuperação de suas comunidades, dificuldade na remoção de óleo dos extensos sistemas de raízes-escora e em seus pneumatóforos associados ao sedimento. Em manguezais degradados, o ecossistema pode sofrer diversos desequilíbrios como, por exemplo: salino, hídrico, climático, biológico, sedimentar e derramamentos de óleo, muitas vezes, os fatores atuam em conjunto.

As espécies arbóreas de manguezal têm como característica a reprodução vivípara e sua dispersão ocorrem por meio das marés. É nessa

fase, de alta vulnerabilidade da planta, que a presença de tensores na água afeta a germinação. A ação negativa de derramamento de óleo cru pode prejudicar o processo de germinação, assim como seu crescimento, desenvolvimento e estabelecimento da plântula (NOAA 2014; HOGARTH 2015; CHEQUER *et al.* 2017).

O impacto do petróleo nos manguezais está relacionado ao tipo de poluente, quantidade derramada, toxicidade, padrão de deposição, tempo de retenção e as condições climáticas prevalecentes e as marés. Os efeitos resultantes podem se caracterizar em agudos e crônicos, resultando em diferentes graus de degradação (CHEQUER *et al.* 2017).

Os dois tipos de óleo diesel mais comum são o óleo diesel automotivo e óleo diesel marítimo. O óleo diesel automotivo é normalmente caracterizado pelo seu teor de enxofre, sendo o mais comum o S-10 com (10ppm), enquanto o óleo diesel marítimo é normalmente caracterizado em relação ao seu ponto de fulgor mínimo de (60°C), contendo 0,5 enxofre (5000ppm), (FINOTT *et al.*, 2021; EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA 2019; PETROBRAS 2021).

O presente trabalho abordou a necessidade de investigar a capacidade germinativa de propágulos de *L. racemosa* submetidos ao óleo diesel marítimo devido à escassez de informações na literatura atual sobre a germinação de vegetação de manguezais expostas a este contaminante. Sendo de suma importância para o nosso litoral brasileiro que apresenta diversas atividades portuárias e que vem constantemente impactando nossa zona costeira. Esse tipo de experimento é essencial para desenvolver políticas públicas e verificar como essas vegetações de manguezais correspondem a diferentes níveis de estresses que certamente são submetidas nessas regiões portuárias, tendo essas respostas esse estudo pode auxiliar o poder público em tomadas de decisões em projetos de recuperações.

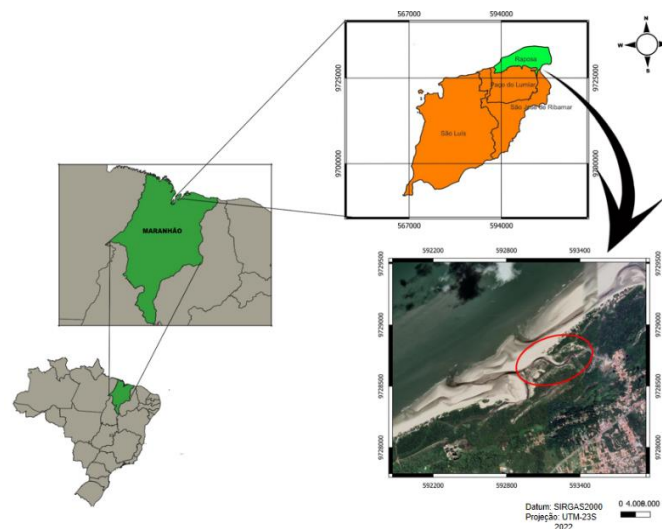
Diante disto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência do óleo diesel marítimo em diferentes percentuais na germinação dos propágulos de *L. racemosa* a fim de contribuir com a recuperação ecológica de manguezais.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de coleta

A área onde foram feitas as coletas do material para a realização do experimento localiza-se na Praia do Mangue Seco, município de Raposa a noroeste do município de São Luís, Ilha do Maranhão, e está inserida entre as coordenadas: “2° 27’ 06,86 e 2° 27’ 21,81” S e “44° 09’ 20,33 e 44° 09’ 45,76” W (Figura 1).

Figura 1: Área de coleta dos propágulos na praia do Mangue Seco, município de Raposa- MA.



Fonte imagem: Landsat **8/OLI**, 2022.

No município de Raposa a vegetação predominante é o mangue, o clima é tropical, com clima quente e úmido, situando-se entre os padrões equatoriais e tropicais. Apresenta temperatura média anual de 26°C com dois períodos estacionais definidos: um chuvoso (janeiro a junho) e o outro de estiagem (julho a dezembro) e precipitação anual média de cerca de 2.100 mm, a problemática ambiental mais significativa da Raposa é a degradação e o aterramento do manguezal, área onde a cidade está assentada. (FERREIRA *et al*, 2014).

2.2 Amostragem

Os propágulos de *L. racemosa* foram coletados nos meses de abril e junho de 2022, no período chuvoso, manualmente, diretamente da árvore matriz, totalizando uma amostra de 840 (oitocentos e quarenta) propágulos

maduros não herbívorados. Após a coleta, os propágulos foram transportados ao Laboratório de Manguezais/CERMANGUE - Centro de Recuperação de Manguezais no Departamento de Oceanografia e Limnologia, da Universidade Federal do Maranhão. A coleta e seleção dos propágulos foram realizadas de acordo com as recomendações de Mochel *et al.* (2019) e Goforth & Thomas (1979), optando-se pelos propágulos mais saudáveis.

A água estuarina foi coletada no Canal do Manguê Seco, na mesma região em que os propágulos foram obtidos, sendo transportada em bombonas plásticas para o CERMANGUE-UFMA. Sua salinidade foi 18g/kg, medida com um refratômetro manual *Quimis* modelo Q767-3. O óleo diesel marítimo utilizado no experimento foi fornecido pelo diretor do Navio Oceanográfico Ciências do Mar II, pertencente ao DEOLI/UFMA e acondicionado em um galão de 5 litros, armazenado em local seco e fresco no CERMANGUE/UFMA.

2.3 Procedimentos experimentais

Para análise da germinação de *L. racemosa* em ODM as amostras (propágulos) foram separadas em sete tratamentos, com 40 propágulos cada, sendo realizadas três repetições, totalizando 840 (oitocentos e quarenta) propágulos maduros não herbívorados. Os percentuais de ODM utilizados no experimento para cada 500ml de água estuarina por tratamento foram pré-determinados como mostra na (Tabela 1).

Tabela 1: Percentual de ODM utilizado nos tratamentos de cada repetição do experimento.

Percentual de ODM para 500ml de Água	
Volume (ml)	Percentual (%)
2,5 ml	0,5%
5 ml	1%
7,5 ml	1,5%
10 ml	2%
15 ml	3%
20 ml	4%

Fonte tabela: Autora, 2022.

Os tratamentos foram definidos como: T₀= controle (sem adição de ODM) e T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆ submetidos aos diferentes percentuais de ODM, sendo, respectivamente, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 3% e 4%, representando os

percentuais de ODM emulsificado em 500ml de água estuarina. Todos os tratamentos (40 propágulos cada) foram acondicionados em cubetas de vidros, distribuídos de forma aleatórias (não sendo agrupados nem por tamanhos nem por peso) (Figura 2).

Figura 2: A- Processo de triagem dos propágulos de *L.racemosa*; B- Adição da água estuarina nas cubetas; C- Adição do ODM nas cubetas; D- Adição dos propágulos nas cubetas submetidos à emulsificação com diferentes percentuais de ODM.



Fonte imagem: Bruna Ferreira, 2022.

Foram considerados germinados os propágulos que apresentaram a protusão da raiz primária com no mínimo 1cm. O experimento durou em média de 8 a 9 dias, finalizando quando não havia mais sinal de germinação, ou morte dos propágulos na cubeta do controle.

2.4 Teste de Germinação

Para analisar a influência do ODM sobre a germinação de propágulos de *L. racemosa* foram avaliadas as variáveis de germinabilidade (G%); para informar o percentual de propágulos germinados no experimento; tempo médio de germinação (TMG; dias) para medir o tempo de germinação; velocidade média de germinação (VMG; dias⁻¹) e o índice de velocidade de germinação (IVG; unidade adimensional) para medir a velocidade (MAGUIRE 1963; BORGHETTI E FERREIRA 2004; MARTINS 2022).

Utilizaram-se as seguintes formulas: Germinabilidade: $G(\%) = \frac{N}{A} \times 100$ em que: N = número total de propágulos germinados; A= número total de propágulos colocados para germinar. Tempo médio de germinação: $T = \frac{\sum n_i \cdot t_i}{\sum n_i}$, onde, o n_i é o número de propágulos germinados por dia; t_i =tempo de

incubação, unidade dias; Velocidade média de germinação: $V = 1/t = \sum ni / \sum ni \cdot ti$, onde: t é o tempo médio de germinação; unidade dias. O Índice de velocidade de (IVG) é calculado pela fórmula: $IVG = (G1/T1) + (G2/T2) + (G3/T3) \dots + (Gi/Ti)$, onde: $G1$ até Gi = número de propágulos germinados a cada dia; $T1$ até Ti = número de dias após colocado para germinação: tempo (dias); unidade adimensional.

2.5 Percentual de Mortalidade

Para o percentual de mortalidade foi utilizada a fórmula: Mortalidade (%): $M = (n/Nt) \times 100$ em que: n = número de propágulos mortos por concentração e Nt = número total de propágulos por concentração.

2.6 Análise de dados

Para analisar o percentual de germinabilidade e mortalidade dos propágulos utilizou-se a Microsoft Excel 2010. Os dados estatísticos foram processados no software PAST 4.3 (Hammer *et al.* 2001).

Para verificar a homogeneidade das variâncias aplicou-se o teste de Levene. A análise de variância One-way (ANOVA One-Way) foi aplicada para analisar o efeito do ODM na germinabilidade e mortalidade da espécie que apresentaram diferenças significativas nos tratamentos aplicados. Os dados que apresentaram diferença significativa foram avaliados através do teste de Tukey para verificar quais tratamentos se diferiam.

Para os dados não paramétricos, foi aplicando o teste de Kruskal-Wallis seguido de Mann Whitney (MARTINS 2022). Uma análise de ordenação (MDS) utilizando a distância euclidiana pelo método de ligação das médias foi aplicada para demonstrar a similaridade entre os tratamentos de diferentes percentuais de ODM em função da germinabilidade. E uma análise de agrupamento Cluster para avaliar a similaridade entre os tratamentos em função da mortalidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

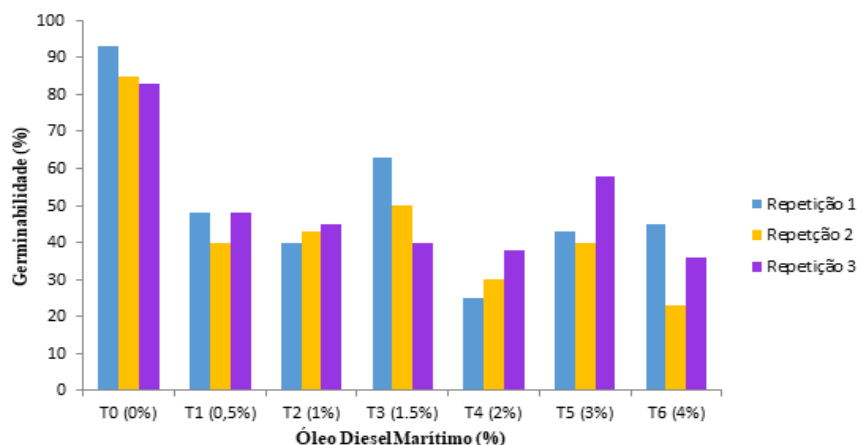
O processo de germinação dos experimentos começou após 24hs de embebição na emulsificação de água estuarina e ODM. Do total de 840

propágulos utilizados 404 germinaram durante o experimento. Na figura 3 observa-se que o T₀ (controle) teve o maior percentual de propágulos germinados, com 92,2%, 85% e 82,5% de germinabilidade. Nos demais tratamentos, a maior germinação ocorreu na R1 no T₃ (62,5%) e a menor no R2 no T₆ (22,5%), tratamento onde foi adicionado o maior percentual do ODM.

De acordo com Ávila *et al.* (2007) o estresse hídrico contribui para a diminuição da percentagem de germinação das sementes, para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre.

Segundo Corrêa *et al.* (2021); Nascimento, Zanandrea e Mochel (2021) para *L. racemosa* submetida a um estresse salino, mostraram que a germinação dessa espécie é sensível a altas concentrações salinas (60% e 75% ppt). Martins (2022) afirma que a germinabilidade da espécie apresenta vulnerabilidade a tensores negativos como a hipersalinidade e a exposição a poluentes ou contaminantes de hidrocarbonetos.

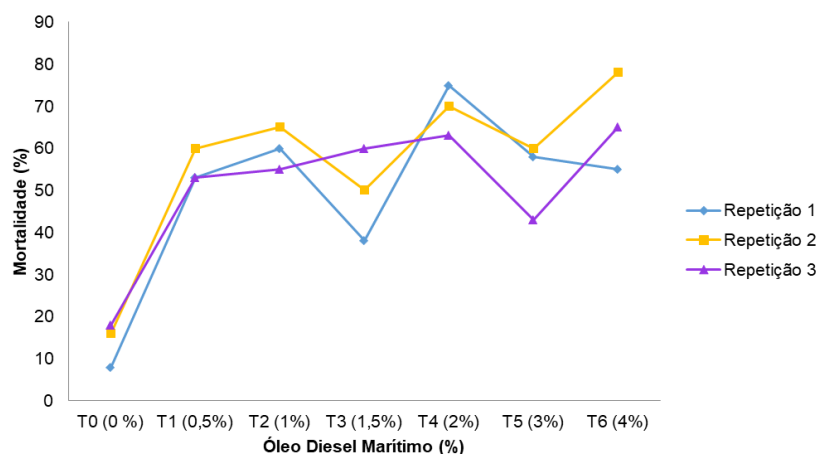
Figura 3: Resultado para a Germinabilidade (%) de *L. racemosa* nos tratamentos com ODM por repetição.



Fonte imagem: Autora, 2022.

O maior percentual de mortalidade no T₀= controle foi (17%) o que pode ser considerado normal em um experimento. A maior taxa de mortalidade na R1 ocorreu no T₄ com um percentual de (75%) e, a menor taxa no T₃ com (37,5%). Na R2 o T₆ obteve (77,5%) dos propágulos mortos e a menor taxa no T₃ com (50%). Na R3 a maior taxa de mortalidade ocorreu no T₆ com (65%) e a menor taxa no T₅ com (42,5%) de propágulos mortos (Figura 4).

Figura 4: Resultados de mortalidade de *L. racemosa* nos tratamentos com ODM por repetição.



Fonte imagem: Autora, 2022.

As maiores percentagens de mortalidade dos propágulos de *L. racemosa* ocorreram nos tratamentos T₆, onde havia os maiores percentuais de ODM, que pode esta relacionada à redução de água, oxigênio e entrada de componentes tóxicos do óleo na semente com consequente morte do embrião. Naidoo (2017) afirma que o tamanho do propágulo e, portanto, as reservas maternas, afetam muito o grau de tolerância ao óleo, e que os propágulos menores tendem a resistir menos ao contaminante.

As análises estatísticas mostraram resultados significativos no experimento. A análise de variância (Anova one way) na germinabilidade indicou diferença significativa entre os tratamentos com ODM (ANOVA, F= 16,26, p< 0,000). A mortalidade também indicou diferença significativa das variáveis (ANOVA, F= 16,07; p< 0,000). O teste de Tukey indicou que as diferenças significativas estavam nos tratamentos do controle que apresentaram resultados maiores em relação às médias dos outros tratamentos.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi significativo (Anova, F= 2,98; p= 0,042). Houve redução no IVG na germinação dos propágulos submetidas aos tratamentos contendo 2% (T4) e 4% (T6) de óleo diesel, A maior quantidade de propágulos germinados em menor tempo foi apresentada no controle, nos demais tratamentos o (IVG) diminui com a presença de ODM. (Tabela 2).

Tabela 2: Germinabilidade (G%); Mortalidade (M%); Tempo médio de germinação (TMG); Valor médio de germinação (VMG) e Índice de velocidade de germinação (IVG), na germinação de propágulos de *L. racemosa* submetidos a diferentes concentrações de óleo diesel marítimo. (Mesma letra não difere entre si ao nível de probabilidade 5%).

Elementos variáveis					
Tratamentos	G (%)	M (%)	TMG (dias)	VMG (dias)	IVG
T ₀ (0%)	86,67a	13,33a	4,94b	0,20b	24,35a
T ₁ (0,5%)	45,00b	55,00b	4,80b	0,21b	17,41b
T ₂ (1%)	42,50b	57,50b	4,63b	0,22b	15,56b
T ₃ (1,5%)	50,83b	49,17b	4,82b	0,21b	16,96b
T ₄ (2%)	30,83b	69,17b	5,14b	0,19b	9,55b
T ₅ (3%)	46,67b	53,33b	5,30b	0,19b	15,28b
T ₆ (4%)	34,17b	65,83b	5,63b	0,18b	9,36b

Fonte tabela: Autora, 2022.

Santana e Ranal (2004) descreveram que quanto maior o índice de velocidade de germinação, maior capacidade germinativa das sementes, ou seja, se a germinação ocorrer no início do experimento, esse valor será maior do que se ocorrer mais tarde.

O tempo médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG) se comportou de forma homogênea, os resultados das análises estatísticas não apresentaram diferenças significativas nos tratamentos. Foi aplicando o teste de Kruskal-Wallis, para o TMG (Kruskal-Wallis, $p=0,90$) e para a VMG (Kruskal-Wallis, $p=0,91$).

Bewley e Black (1994) afirmaram que o estresse hídrico pode reduzir tanto a germinação quanto a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes.

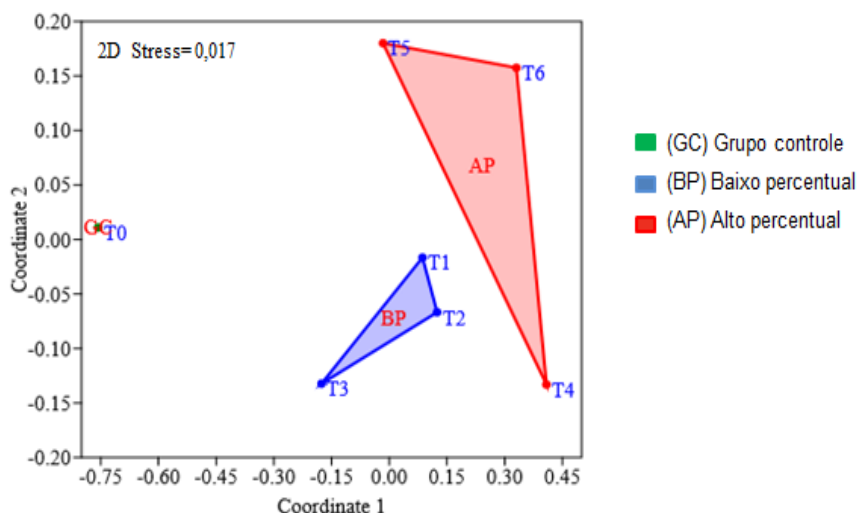
O efeito tóxico dos hidrocarbonetos na germinação de sementes foi observado por Adam e Duncan, (2002); Baker (1970), afirmam que a redução na germinação provavelmente se deve à propriedade impermeável do óleo diesel. A camada de óleo ao redor das sementes pode agir como uma barreira física, impedindo ou reduzindo a entrada de água e oxigênio. Esse efeito inibitório do óleo na germinação pode ser atribuído pela morte do embrião devido à entrada de óleo na semente.

A análise de ordenação (MDS) mostrou a partir do índice de germinabilidade os tratamentos que se assimilaram por grupos com menor e maior quantidade de óleo aplicado. Formou-se dois grupos, sendo o grupo 1

constituídos pelos tratamentos T_1 , T_2 e T_3 , que caracterizam-se por um percentual mais baixo (PB) do ODM. O grupo 2 constituído por T_4 , T_5 e T_6 foram associados aos altos percentuais (AP) do ODM. Portanto, quanto maior foi o percentual de ODM menor foi a germinabilidade dos propágulos. (Figura 6).

Percebeu-se que o grupo dos tratamentos T_1 , T_2 e T_3 apresentou um índice de germinação mais acentuada por conter menores percentuais de ODM. O grupo dos tratamentos T_4 , T_5 e T_6 indicou índices de germinação mais baixos por conter maiores percentuais de ODM. O tratamento controle (T_0) apresentou-se diferente dos demais grupos com maior índice de germinação.

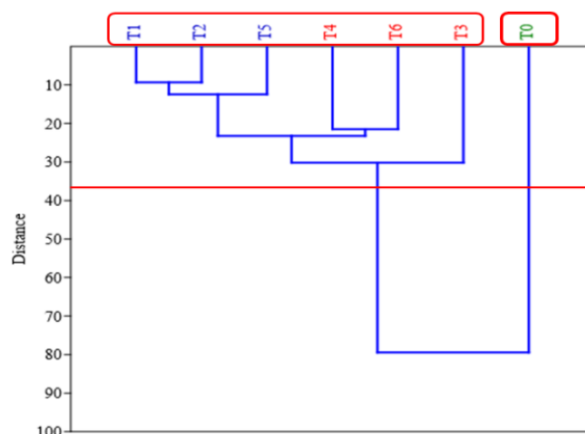
Figura 5: Análise de ordenação (MDS) para a germinação em diferentes tratamentos de ODM aplicados em propágulos de *L. racemosa*.



Fonte imagem: Autora, 2022.

A análise de agrupamento de Cluster foi aplicada com as médias de mortalidade para observar os grupos com maiores similaridades. Na análise do Cluster sobressaíram-se dois grupos, onde um destes observou-se que houve o agrupamento de todos os experimentos nos quais havia os tratamentos com ODM e o outro grupo foi o experimento controle, este se destacando por ser diferente dos demais.

Figura 6: Análise de agrupamento de Cluster com base na mortalidade, mostrando a similaridade entre os grupos.



Fonte imagem: Autora, 2022.

3.1 Anomalias morfológicas externas

Analizamos algumas alterações na morfologia externa dos propágulos submetidos ao ODM; na imagem (A) tratamento controle (T_0) não houve anomalias sendo um propágulo saudável; na imagem (B, C e D) referente aos lotes dos tratamentos T_3 (1,5%), T_5 (3%) e T_6 (4%) foi observada a protusão do hipocótilo voltada para o lado, queimadura do hipocótilo e o derretimento de partes do espécime. Essas anomalias só confirmam que os propágulos sofreram efeitos físicos quando entraram em contato com o contaminante. (Figura 8).

Figura 7: A – Propágulo do tratamento controle saudável; B – Propágulo do tratamento 1,5% com protusão do hipocótilo voltado para o lado; C – Propágulo do tratamento 3% com hipocótilo radicular queimado; D – Propágulo do tratamento 4% com derretimento de partes.



Fonte imagem: Autora, 2022.

De acordo com Lima (2022), em seu estudo com gênero *Avicennia germinans* exposto ao óleo diesel S-10, observou manchas de necrose, queimaduras, ondulações, e ate mesmo o derretimento do pericarpo e de parte do espécime, que aparentemente estavam associados à presença do contaminante. Martins (2022) encontrou na espécie *L. racemosa* quando submetida ao óleo diesel S-10 uma estrutura com aparência de raiz que brotou na lateral do propágulo. E no gênero *Avicennia germinans* ocorreram anomalias externas nos propágulos em todos os tratamentos com óleo diesel S-10.

4. CONCLUSÃO

A influência ODM foi negativa para a espécie *L. racemosa*, que demonstrou dificuldade de sobreviver e tolerar o poluente em sua fase germinativa, com os percentuais utilizados.

Os percentuais de ODM testados foram considerados tóxicos, a espécie *L. racemosa* mostrou sensibilidade ao stress que consequentemente causou a morte e diversas anomalias morfológicas nos propágulos, indicando grande possibilidade de haver perdas da espécie em derrames e acidentes que envolvam esse tipo de contaminante.

Em estudos futuros, recomenda-se realizar o plantio dos propágulos germinados submetidos ao contaminante, analisar seu desenvolvimento, incluindo a tolerância de propágulos submetidos a maiores percentuais de ODM.

5. REFERÊNCIAS

ADAM, G.; DUNCAN, H. 2002. **Influence of diesel fuel on seed germination.** Environmental Pollution, v. 120, p. 363-370.

AVILA, M. R. *et al.* 2007. **Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola.** Revista Brasileira de Sementes, v. 29, n. 1, p. 98- 106.

BAKER, J. M. 1970. **The effects of oils on plants.** Environmental Pollution, v. 1, p. 27-44.

BARROSO, G.M., MORIN, M.P., PEIXOTO, A.L., ICHASO, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes, morfologia aplicada à sistemática de dicotiledônias**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press, 445 p.

BORGHETTI, F; FERREIRA, A. G. 2004. **Interpretação de resultados de germinação**. Pp. 209-222. In: **Ferreira AG; Borghetti F (Eds) Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.

CHEQUER, L.; BITENCOURT, J. A. P.; WAITE, C. C. C.; SANTOS, E. S.; FRANCO, D. C.; ALVES, R.; CRAPEZ, M. A. C. 2017. **Response of mangrove propagules to the presence of oil- and hydrocarbon-degrading bacteria during an experimental oilspill**. *Latin american journal of aquatic research*, v. 45, p. 814-821.

CORRÊA. J.N., AZEVEDO. J.W.J., OLIVEIRA. A., MOCHEL. F.R., 2021. **Salinity assessment in the germination of laguncularia racemosa (L.) C. F. Gaertn. For selecting mangrove restoring sites**. In: SILVA. Clecio Danilo Dias., MOTA. Danyelle Andrade (Org). **A pesquisa em ciências Biológicas: desafios atuais e perspectivas futuras 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021, v. 2, p. 30-44;

EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA. 2019. **IMO 2020. A nova regulamentação de combustíveis marítimo**. Diretoria de estudos do Petróleo, Gas e Biocombustíveis. Ministerio de Minas e Energia. Rio de Janeiro, RJ.

FERREIRA IS, CUNTRIM MVM, WATANABE IS, MENDONÇA MC 2014. **O município de Raposa – MA: do abandono ambiental as perspectivas de crescimento econômico e turístico**. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos Anais de Congresso, A AGB e a Geografia brasileira no contexto das lutas sociais frente aos projetos hegemônicos 10 a 16 agosto de 2014, Vitória-ES

FINOTTI, A.R., CAICEDO, N. O. L., RODRIGUEZ, M. T. R. 2021. **Contaminações Subterrâneas com Combustíveis derivados de petróleo: Toxicidade e a Legislação Brasileira**. *Revista Brasileira de recursos Hídricos*. Vol. 6. N.2, p. 29-46

GOFORTH JR, HW, JR THOMAS. 1979. **Plantings of Red Mangroves (Rhizophora mangle L.) for Stabilization of Marl Shorelines in the Florida Keys**. Pages 207-230. In: Cole, DP (ed) *Proceedings of conference on wetlands restoration and creation*, 6, Flórida.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., & RYAN, P. D. (2001). **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p.

HOGARTH, P.J. 2015. **The Biology of mangroved end seagrasses**. Oxford University Press, 2015. Third edition. ISBN 978-0-19-871655-6.

LIMA, A.M.D. 2022. **Influência do óleo diesel s-10 sobre a germinação de *avicennia germinans* L. (L.) em laboratório**. Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão. São Luís.

MAGUIRE, J. D. 1962. **Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. Crop Science, 2(2), 176-177.

MARTINS, J.C.S. 2022. **Efeitos do óleo diesel na germinação e crescimento de propágulos de *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* L.L e *Laguncularia racemosa* C.F Gaerth**. Dissertação (Mestrato) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFMA, São Luís.

MMA. 2010. **Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil**. Brasília: [s.n.].

MOCHEL, F. R., CORREIA, M. M. F., CUTRIM, M. V. J., IBANEZ, M. S. 2002. **Degradação dos manguezais da Ilha de São Luís (MA): processos naturais e antrópicos**. In: Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental. 1 ed. Belém : Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v.1, p. 113-131.

MOCHEL, F. R. **Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense**. 2011. In: Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira. (Org.). Amazônia Maranhense. Diversidade e Conservação. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, p. 93-118.

MOCHEL, F. R. **Manguezais da amazônia maranhense, conservação e recuperação ecológica**. 2016. Conferencia da Terra-paisagens, solos e biodiversidade: desafios para um bom viver. Edição Universidade Central do Chile.

MOCHEL, F.R. & FONSECA, I. L.A. **Abordagem integrada para a recuperação de manguezais degradados em áreas portuárias com estudo de caso em São Luís, Maranhão**. 2019. In: MOCHEL, Flávia Rebelo. (Org.). Gerenciamento Costeiro e Gerenciamento Portuário 2. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, v. 2, p. 59-71;

NAIDOO, GONASAGERAN; NAIDOO, KRISHNAVENI. 2017. **Ultrastructural effects of polycyclic aromatic hydrocarbons in the mangroves *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata***. Flora, v. 235, p. 1-9.

NASCIMENTO. A.D., MOCHEL, F. R., ZANANDREA. I., 2021. **Germination of propagules in condition of pre-dispersion herbivory of *laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaern. (combretaceae) under different saline**

concentrations. International Journal of Biological and Natural Sciences , v. 1, p. 11, n. 1.

NOAA. 2014. **Characteristic coastal habitats: choosing spill response alternatives. Seattle:** Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration. 85 pp.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS. 2021 **Óleo diesel: Informações técnicas.**

Disponível: (https://petrobras.com.br/data/files/04/93/72/4C/5A39C710E2EF93B7B8E99EA8/Manual-de-Diesel_2021.pdf) acesso em Out. 2022.

REDE BIOMAR. 2016. **Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores.** Editora Comunicar.

RODRÍGUEZ, A.V. 2007. **Producción forestal – Fundamentos – Antología.** 1ª ed. San José, C.R.: EUNED, 224p.

Santana D.G, Ranal M.A. 2004. **Análise da germinação:** um enfoque estatístico. Editora UnB, Brasília.

SCHULER, C.A.B.; ANDRADE, V.C. & SANTOS, D.S. 2000. **O Manguezal: composição e estrutura,** 27-38. In: Barros, H. M.; Eskinazi-Leça, E.; Macedo, S. J. & Lima, T. (eds.). **Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais.** Cap. 3. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 252p.

SILVA, M.; MARTINS, M.B.G. & CAVALHEIRO, A.J. 2010. **Caracterização anatômica e perfil químico da lâmina foliar de Laguncularia racemosa (L.) Gaertn, de manguezais impactados e não impactados do litoral de São Paulo.** Iheringia, 65(2): 123-132.

SILVESTRE, L.C.; BARROS, S.C.A. & XAVIER, S.R.S. 2012. **Utilização dos recursos vegetais pelos moradores da aldeia Camurupim em área de proteção ambiental.** Enciclopédia Biosfera, 8(14): 1387-1398.

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

6. ANEXOS

Quadro-Sumário das normas da revista a submeter

Submissão do artigo	
Revista	International Journal of Biological and Natural Sciences
ISSN	2764-1813
Fator de impacto	0,526
Meio de divulgação	online
Periodicidade	Contínuo
Site	https://www.atenaeditora.com.br/submissao
Diretrizes para autores	https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/site/Instru
Qualis CAPES 2013-2016	B3
Indexadores	