

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

ERYKLYS VIDAL MEIRELES DE JESUS

EFEITOS DA SALINIDADE NOS INVESTIMENTOS EM CARBONO E
ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE PLANTAS DE
MANGUEZAL

BELÉM
2022

ERYKLYS VIDAL MEIRELES DE JESUS

EFEITOS DA SALINIDADE NOS INVESTIMENTOS EM CARBONO E
ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE PLANTAS DE
MANGUEZAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas, Modalidade
Biologia da Universidade Federal do Pará, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Licenciado em Biologia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Grazielle Sales
Teodoro. Coorientadora: Msc^a Vanessa Negrão
Rodrigues.

BELÉM
2022

ERYKLYS VIDAL MEIRELES DE JESUS

EFEITOS DA SALINIDADE NOS INVESTIMENTOS EM CARBONO E
ASSIMETRIA FLUTUANTE EM DUAS ESPÉCIES DE PLANTAS DE
MANGUEZAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas, Modalidade
Biologia da Universidade Federal do Pará, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Licenciado em Biologia.

Orientador: Prof^a Dr^a Grazielle Sales Teodoro.
Universidade Federal do Pará

Grazielle Sales Teodoro

Avaliador: Dr. Breno Ricardo Serrão da Silva
Museu Paraense Emílio Goeldi

Breno R. S. da Silva.

Avaliador: Dr. Raphael Ligeiro Barroso Santos
Universidade Federal do Pará

Raphael Ligeiro Barroso Santos

BELÉM
2022

Minha trajetória acadêmica sempre contou com a força dos meus amigos e família, sem eles eu não teria chegado até aqui, e por isso que dedico este trabalho a eles.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível”

Max Weber

AGRADECIMENTOS

Queria começar essa sessão, primeiramente a agradecendo a mim, por ter conseguido em meio a tanta luta contra o psicológico e as adversidades desses últimos anos, ter obtido êxito para concluir o curso e esse trabalho. Abro meu coração para escrever essas palavras. Gostaria de agradecer a minha família, em especial minha mãe Suane por ter me oferecido um espaço e meios para conseguir lidar com esse último semestre, sem ela, eu não teria conseguido. Queria agradecer a minha avó, minha tia por sempre ter tentado me animar e guiar nos momentos que eu me encontrava em dúvida sobre a vida, ao meu Primo Carlos Victor, por ser um grande amigo que sempre que eu precisava me distrair, ia jogar comigo e conversar e queria agradecer a minha família no geral, por sempre me apoiarem, não importa onde estivessem.

Queria agradecer a professora Grazi pela chance de ter executado meu TCC pelo ECOPRO, e ter sido uma orientadora incrível em todo esse percurso de final de curso. Para minha Coorientadora Vanessa, só tenho o que agradecer por ter sido sempre presente em todas as minhas dúvidas e ter me ajudado em todo o trabalho, a vocês duas eu só tenho o que agradecer, muito obrigado por tudo.

Uma grande quantidade de pessoas passou pela minha vida durante a graduação e eu gostaria de agradecer todo mundo, mas antes queria falar de como eu era, sempre fui muito sozinho acreditando que nunca ninguém iria gostar de mim de verdade, então sempre tentei me adaptar ao gosto das pessoas, para ser aceito, mas quando entrei na faculdade descobri pessoas que me aceitaram do jeito que eu sou, e isso me fez tão feliz, eu sou genuinamente feliz quando estou perto dessas pessoas, entre eles tem o meu grupo de amigos mais próximos, Sissa, Jorge Kevin, João Pedro, Ariel, Giovana, a vocês gostaria de dedicar um grande obrigado por terem deixado tudo mais leve para mim, por terem brigado comigo, por terem me dado a chance de estar com vocês e fazer parte da vida de cada um. A Sônia Cordovil e Paulo Andrey, por terem sido comigo um trio que sempre estava junto nos momentos felizes e tristes, obrigado por vocês terem estado comigo.

Pessoas queridas que passaram na minha vida e me ensinaram muito nesses anos, como a Amanda Julião que foi uma amiga e parceira em todas as propostas de festa e organização das confraternizações da turma e nunca me deixou pirar sozinho, muito obrigado por ter feito parte da minha vida, João Paulo que foi meu amigo em todos os momentos e nessa reta final que tivemos estagio junto e a motivação e boa energia que ele transmitiu foi um dos combustíveis para eu chegar até aqui. A Beatriz Jardim que foi minha amiga de muitas

conversas durante os períodos mais sombrios que passei, e sempre me motivou a seguir em frente, A Talita que chegou no meio da minha caminhada, mas conseguiu ser alguém que sempre foi uma energia positiva para mim. A Iodayse que também foi uma parceira de estagio e sempre esteve comigo. A Geisane por sempre ter me apoiado. Jotadê, Lucas lemos, e a todo clashzinho por sempre fazerem piadas que levantavam o meu humor. Eu queria agradecer a tantas pessoas, mas não é possível nessa pequena lauda, entretanto no meu coração eu sou grato a cada aprendizado que ganhei de cada pessoa.

Alguns professores que passaram na minha vida e me fizeram ser esse profissional que vai se formar e moldaram meu jeito de ensinar e escrever, entre eles a Professora Valdenice e a Ivoneide, que marcaram o início da minha jornada acadêmica com o PIBID, só tenho a agradecer pelos ensinamentos e motivação. Ao professor Hevaldo do Lauro Sodré, e ao professor André da escola de aplicação, todos foram ótimos orientadores na jornada que estive em estágios, sempre ajudando no meu crescimento acadêmico e como ser, muito obrigado.

E por último queria agradecer a Taylor Swift por ter criado a música All Too Well (10 Minute Version), e todas as outras versões dessa, que foram minha gasolina enquanto eu escrevia meu tcc, foram dias ouvindo essa música, e todas as outras incríveis que essa mulher já escreveu na vida dela, e Olivia Rodrigo por ter feito Drivers License, que foi minha música de 2021, e a todos os outros artistas que eu escutei até aqui, entre eles: Blackpink, Twice, Loona, EXO, Baekhyun, Chunga Ha, aespa, Demi lovato, Ariana grande, e tantos outros pois não vivo sem música.

Tendo dito essas palavras, sendo repetitivo mais uma vez, gostaria de agradecer a todos que me ajudaram nessa jornada, sem vocês eu não teria conseguido. Muito obrigado!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Área de Coleta e Desenho Experimental:	15
2.2 Biomassa:.....	17
2.3 Atributos morfológicos foliares:	17
2.4 Assimetria flutuante:.....	18
2.5 Análise dos dados:	19
3. RESULTADOS	19
3.1 Biomassa.....	19
3.2 Atributos morfológicos foliares	22
3.3 Assimetria flutuante	23
4. DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Propágulos de <i>Rhizophora racemosa</i> . Fonte: Vanessa Negrão.	15
Figura 3 – Mudanças de <i>Avicennia germinans</i> nos sacos.....	16
Figura 4 - Desenho experimental utilizado no experimento, no qual foram utilizados cinco (5) indivíduos por tratamento de salinidade (0, 10, 20, 40 e 55 gramas de sal)	17
Figura 5 - Medidas na folha de <i>Rhizophora racemosa</i> realizada com software Image J, no qual 1 - refere-se a nervura central que foi delimitada, 2 - lado direito da lâmina foliar e 3 – lado esquerdo da lâmina foliar.	18
Figura 6 - Medidas na folha de <i>Avicennia germinans</i> realizada com software Image J, no qual 1 - refere-se a nervura central que foi delimitada, 2 - lado direito da lâmina foliar e 3 – lado esquerdo da lâmina foliar.	19
Figura 7.A - Variação da biomassa radicular de <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.	20
Figura 7.B - Variação da biomassa caulinar de <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.	21
Figura 7.C - Variação da biomassa foliar de <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.	21
Figura 8.A - Variação no atributo foliar SLA - Specific leaf area de <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.....	22
Figura 8.B - Variação no atributo foliar LDMC - Leaf dry-matter content (B) de <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.....	23
Figura 9 – Variação média de assimetria em <i>Avicennia germinans</i> e <i>Rhizophora racemosa</i> em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.	24

RESUMO

O aquecimento global tem afetado os manguezais, no qual é predito um aumento da salinidade nesses ambientes costeiros, podendo afetar a sobrevivência e estratégias ecológicas das espécies de plantas. Tendo essas premissas, nosso trabalho teve como objetivo saber quais efeitos a salinidade tem sobre os investimentos de biomassa, atributos foliares e assimetria flutuante em duas espécies ocorrentes de manguezal. Para isso, utilizamos mudas de *Avicennia germinans* (L.) Stearn (Avicenniaceae) e *Rhizophora racemosa* G. Mey. (Rhizophoraceae) sob a influência de um gradiente de salinidade, correspondendo a 5 tratamentos (0, 10, 20, 40 e 55 g de sal) por 3 meses. Ao final do experimento foram medidas a biomassa radicular, caulinar, foliar, atributos morfológicos foliares (área foliar específica - SLA e conteúdo de matéria seca foliar - LDMC) e assimetria flutuante (AF). Observamos que *R. racemosa* apresentou maiores médias de biomassa, enquanto *A. germinans* teve menores médias. *R. racemosa* no tratamento com maior salinidade alocou mais carbono para a biomassa caulinar, diminuindo a biomassa foliar. Nos atributos foliares *A. germinans* teve maior SLA e *R. racemosa* maior LDMC. Esperávamos que *R. racemosa* apresentasse sempre alto LDMC, todavia observou-se que nos tratamentos mais salinos ocorreu uma diminuição nesse atributo e na biomassa foliar como um todo. Quanto a assimetria flutuante (AF), esperávamos que ocorresse maiores índices de AF nos tratamentos mais salinos, mas nossos resultados não mostraram essa resposta, mostrando que essa métrica talvez não seja a melhor ferramenta para auxiliar no entendimento do comportamento de *A. germinans* e *R. racemosa* frente à salinidade. As espécies apresentaram diferentes respostas à salinidade. Sob a influência do gradiente de salinidade *R. racemosa* apresentou mais variações em relação aos atributos analisados em nosso trabalho nos tratamentos de alta salinidade, enquanto *A. germinans* não variou efetivamente nos atributos analisados, o que pode estar relacionado a uma maior tolerância ao sal nessa espécie.

Palavras-chave: *Avicennia germinans*. Mudanças climáticas. Salinidade. *Rhizophora racemosa*.

ABSTRACT

Global warming has affected mangroves, in which it is predicted an increase in salinity in these coastal environments, which may affect the survival and ecological strategies of plant species. With these premises in mind, our work aimed to know what effects salinity has on biomass investments, leaf attributes and fluctuating asymmetry in two mangrove species. For this, we used seedlings of *Avicennia germinans* (L.) Stearn (Avicenniaceae) and *Rhizophora racemosa* G. Mey. (Rhizophoraceae) under the influence of a salinity gradient, corresponding to 5 treatments (0, 10, 20, 40 and 55 g of salt) for 3 months. At the end of the experiment, we measured root, stem and leaf biomass, leaf morphological traits (specific leaf area - SLA and leaf dry matter content - LDMC) and fluctuating asymmetry (AF). We observed that *R. racemosa* had the highest biomass averages, while *A. germinans* had the lowest averages. *R. racemosa* in the treatment with higher salinity allocated more carbon to the stem biomass, decreasing the leaf biomass. In the leaf traits *A. germinans* had the highest SLA and *R. racemosa* the highest LDMC. We expected that *R. racemosa* would always present high LDMC, however it was observed that in the more saline treatments there was a decrease in this trait and in leaf biomass as a whole. As for fluctuating asymmetry (FA), we expected higher rates of AF to occur in the more saline treatments, but our results did not show this response, showing that this metric may not be the best tool to help understand the behavior of *A. germinans* and *R. racemosa* in a salinity gradient. The species showed different responses to salinity. Under the influence of the salinity gradient, *R. racemosa* showed more variations in relation to the traits analyzed in our work in the high salinity treatments, while *A. germinans* did not effectively vary in the traits analyzed, which may be related to a greater tolerance to salt in this species.

Key-words: *Avicenna germinans*. Climate change. Salinity. *Rhizophora racemosa*.

1. INTRODUÇÃO

O Manguezal é um ecossistema costeiro tropical, de transição entre ambiente continental e ambiente marinho (Gedan et al., 2009). É localizado em terrenos inundados, caracterizado por estar sujeito aos regimes de marés, que influenciam diretamente a constante entrada de matéria orgânica particulada ou dissolvida (Carmouze, 1994) e a grande variação diária de salinidade (Correia et al., 2005). Os ambientes que se encontram próximos ao ambiente marinho, a cada ano tem sido mais degradado por inúmeros fatores, entre eles a poluição e aquecimento global, que tem afetado gradativamente estes locais, que detém uma importância ecológica, social e econômica significativa (Krauss et al., 2008).

Os manguezais funcionam como “berçários” para a vida marinha e protegem a costa estuarina de processos de erosão, regimes das marés, tsunamis (Paulo da Cunha, 2004). Sua importância social e econômica envolve uma variedade de bens e serviços, incluindo a produção de madeira, pesca de subsistência, produção de sal, dentre outros (Hamilton & Murphy, 1988). Com o aumento do aquecimento global, os manguezais tendem a ser os primeiros ecossistemas a serem afetados, devido à sua localização suscetível ao aumento do nível do mar e às rápidas mudanças climáticas que podem desestabilizar completamente o ecossistema (Kim et al. 2005; Jagtap and Nagle 2007).

Um fator abiótico crucial para esses ecossistemas é a salinidade. As espécies vegetais encontradas nos manguezais são chamadas de halófitas que podem ser facultativas ou obrigatórias (Walsh, 1974), são plantas com a capacidade de tolerar a salinidade (Downton 1982; Clough 1984). No entanto, em concentrações muito altas, o cloreto de sódio (NaCl) pode ser considerado um gerador de estresse para as plantas de mangue, o NaCl é responsável por 86% da salinidade dos ambientes marinhos, o que representa 35 ppt (Partes por trilhão) ilustrando que a cada quilograma de água existe 35 gramas de sais dissolvidos, enquanto a água doce tem 0,5 ppt, a água nos ambientes costeiros com encontro de água doce e salgada tem aproximadamente ente 0,5 ppt e 30 ppt. Na literatura foi observado que o manguezal tem seu desenvolvimento ótimo em baixas salinidades perto de 7 ppt (Pascoalini et al., 2014). A alta salinidade pode afetar o desenvolvimento das plantas, influenciando na absorção de nutrientes e no transporte hídrico (Parihar et al., 2015).

Com isso, os indivíduos podem recorrer a uma série de estratégias como rizóforos, embriões vivíparos e mecanismos eficientes de retenção de nutrientes e de exclusão de sal, para conseguirem coexistir com esse estresse (Alongi, 2014). Nos últimos anos, as espécies vegetais

encontradas nas regiões de manguezal têm sido foco de estudos por causa da sua adaptabilidade e sucesso em tolerar o sal (Parida et al., 2010). Dessa forma, trabalhos com esse foco têm sido importantes para entender os mecanismos de como cada espécie responde a salinidade. Para entender como esse fator abiótico afeta as plantas, é importante entender sobre os investimentos das plantas na construção de seus tecidos, no qual é importante avaliar a biomassa, atributos funcionais foliares, assimetria flutuante e outros.

A biomassa trata-se da massa orgânica produzida, que pode ser refletida em peso de matéria seca, peso de matéria úmida e peso do carbono (Odum, 1986). Sua utilização tem sido ampla desde a avaliação da produtividade de ecossistemas, conversão de energia, ciclagem de nutrientes e absorção e armazenagem de energia solar (PEREIRA et al., 1997). Nos manguezais tem sido utilizada como um indicador de saúde da vegetação, pois suas respostas diante as mudanças são conhecidas como um indicador de estresse, como visto em Negrão et al. (2017), onde é pontuado que perante a salinidade pode ocorrer uma redução no crescimento aéreo da planta, alterando a alocação da biomassa entre a parte aérea e as raízes.

Atributos morfológicos foliares tem sido muito utilizados, tentando entender o comportamento e estratégias ecológicas de várias espécies diante da disponibilidade de recursos e condições nos ambientes. Dois atributos foliares muito utilizados são a área foliar específica (SLA) e o conteúdo de matéria seca foliar (LDMC). De acordo com Udayakumar et al. (2021), entre o SLA e o LDMC existe um trade-off de alocação de recursos na planta; entre ter folhas mais elaboradas com uma alocação de carbono maior, que indica um maior LDMC (estratégia mais conservativa no uso de recursos), e ter folhas com menos alocação de carbono e menos longevas, indicando um SLA maior (estratégia mais aquisitiva). Para o ecossistema de manguezal, a relação entre SLA e o LDMC tem sido utilizada para observar se o estresse advindo da salinidade tem feito as espécies escolherem estratégias mais aquisitivas ou conservativas para sua existência.

Assim como o SLA e o LDMC indicam sobre os padrões de alocação de recursos nas plantas, a assimetria flutuante tem sido muito avaliada em estudos que envolvem algum tipo de estresse, devido seu potencial de mostrar a instabilidade no desenvolvimento do indivíduo, pois consiste nos desvios bilaterais na simetria dos indivíduos (Graham et al., 2010). A salinidade é um fator que afeta a simetria de plantas, visto que o estresse causado demanda que a planta gaste mais energia para manter seus processos vitais, porém isso pode levar a uma instabilidade no organismo (Freeman et al., 2004), o que pode gerar desvios dos eixos bilaterais na simetria, que caracterizam a assimetria flutuante (AF). Devido a isso, a AF tem emergido

como um bioindicador sensível ao estresse ambiental, na qual a revisão de Beasley et al. (2013) constatou que o estresse ambiental explicou 36% da variação da AF.

Com esses métodos, muitos estudos têm sido realizados com o desejo de entender as estratégias que as plantas utilizam para suportar a salinidade. Todavia, as espécies utilizam os recursos de formas diferentes. Algumas são mais tolerantes à salinidade, como as espécies do gênero *Avicennia*, enquanto espécies do gênero *Rhizophora* são menos tolerantes (Clough, 1984). Mesmo dentro do gênero, a tolerância pode variar, visto que existem espécies de *Rhizophora* que tem seu crescimento em uma salinidade mais moderada do que baixa, como a *Rhizophora stylosa* que é mais sensível a alterações na salinidade do que *Rhizophora apiculata* (Ball et al. 1997).

Nesse contexto, nosso trabalho objetivou responder como a salinidade afeta o investimento em carbono e assimetria flutuante em plantas típicas de manguezais. Escolhemos mudas de *Avicennia germinans* (L.) Stearn (Avicenniaceae) e *Rhizophora racemosa* G. Mey (Rhizophoraceae) como objeto de estudo, visto que elas apresentam diferenças na sua distribuição em relação à salinidade, no qual *A. germinans* encontra-se em lugares mais salinos com 35 ppt ou mais e *R. racemosa* é encontrada em áreas com grande influência de água doce, logo, com menores salinidades em volta de 0,5 ppt e 30 ppt (Cerón-Souza et al., 2014). Nossas hipóteses foram: (1) *Rhizophora racemosa* apresentará respostas mais plásticas na biomassa sob a influência das maiores salinidades, devido a sua ocorrência em áreas menos salinas. *Avicennia germinans* por ter adaptações para ambientes salinos, não terá variações significativas; (2) O SLA será maior em *Avicennia germinans*, esperamos que devido a adaptação que essa espécie apresenta para tolerar elevada salinidade, ela invista em folhas menos longevas, tendo as maiores médias nos tratamentos com salinidades mais altas. O LDMC será maior em *Rhizophora racemosa*, pois, esta espécie ocorre em ambientes menos salinos, logo espera-se que tenha um maior investimento na construção foliar; (3) A assimetria flutuante apresentará maiores médias nos tratamentos com maiores salinidades, devido ao estresse gerado pela salinidade, ocasionando os desvios bilaterais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Coleta e Desenho Experimental:

A coleta do material botânico foi realizada em março de 2018 em Vila de Beja, Abaetetuba, Pará (01°37'34.02"S 48°48'55.02"W), onde foram coletados frutos de *Avicennia germinans* (Figura 1) e propágulos de *Rhizophora racemosa* (Figura 2). O material coletado foi colocado em copos de poliestireno preenchidos com solo do local da coleta. As mudas foram colocadas, durante a fase inicial, para crescer em ambiente coberto para que não ocorresse morte por eventos como exposição ao sol e chuva. Nessa fase inicial, as mudas foram irrigadas duas vezes ao dia com água fresca, sem cloro, uma vez pela manhã e outra no fim da tarde.



Figura 1 - Frutos de *Avicennia germinans*. Fonte: Vanessa Negrão.



Figura 2 - Propágulos de *Rhizophora racemosa*. Fonte: Vanessa Negrão.

Com cerca de um mês de crescimento, todas as mudas foram levadas para casa de vegetação, localizada na Universidade Federal do Pará (*Campus* Belém), onde passaram a ser regadas apenas uma vez ao dia, com água suficiente para manter as plantas bem hidratadas, e aclimatando as flutuações de temperatura do ar e radiação solar naturais. Com dois meses de crescimento, os indivíduos de *A. germinans* e *R. racemosa* foram realocados dos copos para sacos de muda com 15x20 e 18x30 cm, respectivamente, para que não houvesse limitação do crescimento das raízes. A diferença no tamanho dos sacos corresponde à diferença no tamanho das mudas de cada espécie, uma vez que, por ter seu desenvolvimento como propágulo, *R. racemosa* apresentou tamanho elevado em relação a *A. germinans*. Uma mistura de substrato que corresponde aproximadamente a 50% do solo do local de coleta (substrato natural da espécie) e 50% de areia foi utilizado como substrato nos sacos.



Figura 3 – Mudas de *Avicennia germinans* nos sacos.

O experimento iniciou-se em fevereiro e estendeu-se até maio de 2019. Para o desenvolvimento do trabalho, foram estabelecidos cinco tratamentos de salinidades distintas, que consistiam na concentração de sal com que as mudas seriam regadas durante o experimento. Foram utilizadas as seguintes concentrações: 0, 10, 20, 40 e 55 g de sal marinho puro (comercial) por litro de água. Para o experimento, foram utilizadas 50 mudas com 9 meses desde o plantio sem qualquer anomalia aparente, sendo, 25 mudas de cada espécie. Em cada tratamento de salinidade foram alocados 5 mudas por espécie (Figura 1). Toda semana a concentração de sal foi mensurada com o uso de um protótipo de sensor de salinidade (Negrão-Rodrigues et al., 2021). A cada nova mensuração o sensor era calibrado para as diferentes

concentrações de salinidade dos tratamentos. Sempre que necessário, com base no que era observado no sensor, a concentração de sal era ajustada aos valores pré-estabelecidos para cada tratamento.

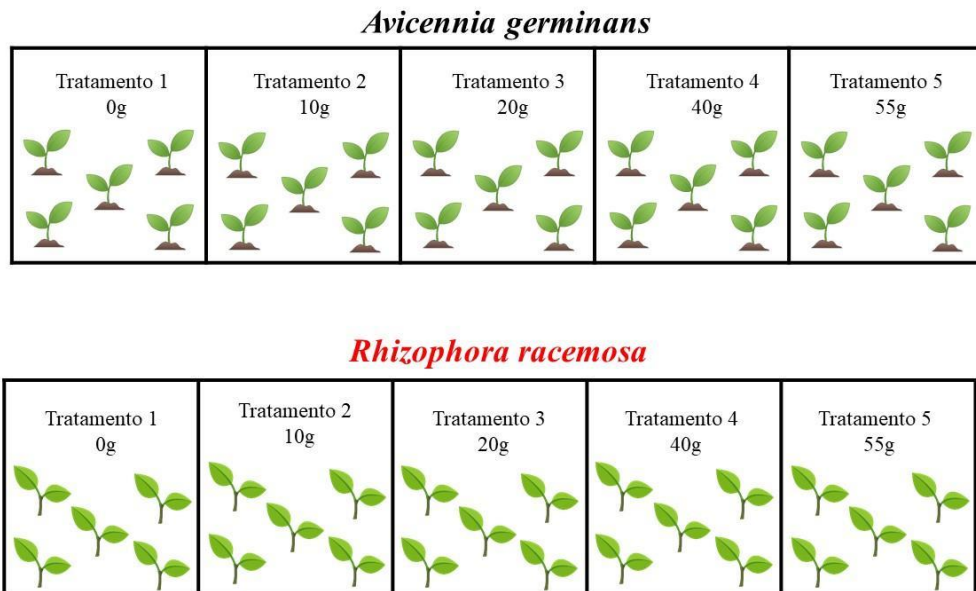


Figura 4 - Desenho experimental utilizado no experimento, no qual foram utilizados cinco (5) indivíduos por tratamento de salinidade (0, 10, 20, 40 e 55 gramas de sal).

2.2 Biomassa:

Após 3 meses do início do experimento, os 5 indivíduos de cada espécie em cada tratamento foram utilizados para realização das medidas de biomassa. Afim de evitar que a retirada do sedimento influenciasse no peso da biomassa radicular, as plantas foram colocadas em recipientes com água, para auxiliar o sedimento a soltar com maior facilidade e sem perda da raiz. Antes da obtenção do peso fresco, os indivíduos foram seccionados em raiz, caule e folhas (todas as folhas de cada indivíduo juntas) e, após isso, a pesagem de cada parte foi realizada. O material pesado foi colocado em sacos de papel devidamente identificados e postos para secar na estufa em temperatura de 70° graus. O material foi retirado da estufa quando o peso não oscilou mais em cerca de 48 horas e o peso seco foi mensurado para cada seguimento das plantas (raiz, caule e folhas).

2.3 Atributos morfológicos foliares:

Para os atributos foliares foram utilizadas cinco folhas livres de danos dos mesmos indivíduos utilizados para biomassa, as cinco folhas selecionadas foram inicialmente pesadas para obtenção do peso fresco, fotografadas para obtenção da área foliar e em seguida colocadas

em estufa a 70° graus, por cerca de 48 horas. Após as folhas estarem completamente secas, elas foram novamente pesadas para obtenção do peso seco. Para obtenção da área foliar foi utilizado o software Image J. Os atributos analisados foram área foliar específica (SLA) e teor de matéria seca foliar (LDMC). O cálculo do SLA se deu por: área foliar/ massa seca, a unidade é m^2/g e do LDMC: massa seca em estufa/ massa fresca saturada, expressa em mg g^{-1} (Pérez-Harguindeguy et al., 2016).

2.4 Assimetria flutuante:

Para constatar a assimetria, foram utilizados 50 indivíduos, 25 de *A. germinans* e 25 de *R. racemosa*, e de cada indivíduo foram retiradas 5 folhas que foram fotografadas. Para a análise das imagens das folhas, foi utilizado o software Image J. No programa, foi medido em cada folha o comprimento da nervura central, primeiro foi medido do pecíolo até o ápice da lâmina, onde, no ponto médio do comprimento da nervura central foram feitas as medidas do lado direito e lado esquerdo da lâmina foliar (Figura 2, Figura 3). Para que a diferença interespecífica no tamanho das folhas não fosse uma barreira para as análises, os dados foram relativizados, onde, o lado maior da folha equivaleria ao maior relativo 100%, enquanto o menor relativo, foi obtido do cálculo do maior relativo multiplicado pelo lado menor da folha, dividido pelo lado maior ($100\% \times \text{LMenor} / \text{LMaior}$). Com isso, foi feito o cálculo para obter-se o índice de assimetria, que se deu pela diferença entre o maior relativo e menor relativo, dividido pela soma dos dois $(\text{Maior} - \text{Menor}) / (\text{Maior} + \text{Menor})$.



Figura 5 - Medidas na folha de *Rhizophora racemosa* realizada com software Image J, no qual 1 - refere-se a nervura central que foi delimitada, 2 - lado direito da lâmina foliar e 3 – lado esquerdo da lâmina foliar.



Figura 6 - Medidas na folha de *Avicennia germinans* realizada com software Image J, no qual 1 - refere-se a nervura central que foi delimitada, 2 - lado direito da lâmina foliar e 3 – lado esquerdo da lâmina foliar.

2.5 Análise dos dados:

Para cumprir os pressupostos de normalidade de resíduos e homocedasticidade, todos os dados analisados neste trabalho foram logaritmizados. Para avaliar se as variáveis observadas: Biomassa radicular, Biomassa caulinar, Biomassa foliar, SLA, LDMC e Índice de assimetria, diferiram entre os tratamentos e as espécies, os dados obtidos foram analisados utilizando o modelo linear de análise mista, onde, as espécies e os tratamentos foram considerados como fatores fixos e os indivíduos como fatores aleatórios. Todas as análises foram realizadas no software R (versão 4.1.2 (2021-11-01) R Development Core Team, Viena, Áustria) pacote 'lme4' (Bates et al. 2015). Consideramos os resultados significativos aqueles com o número de p menor que 0,05.

3. RESULTADOS

3.1 Biomassa

A biomassa radicular diferiu entre as espécies (Tabela 1), no qual *R. racemosa* apresentou maior biomassa. Em *R. racemosa* observamos a maior média no tratamento 2 e a menor no tratamento 4. Já em *A. germinans* a biomassa foi semelhante entre os tratamentos (Figura 3.A). A biomassa caulinar apresentou diferença significativa entre as espécies, onde, *R. racemosa* apresentou maior biomassa. Em *R. racemosa* houve diferença entre os tratamentos e em *A. germinans* não foi observada diferenças (Tabela 1, Figura 3.B).

A biomassa foliar teve diferença significativa entre as espécies, mas não entre os tratamentos, todavia, quando se comparou as espécies e os tratamentos juntos obteve-se um resultado significativo (Tabela 1, Figura 3.C). *R. racemosa* foi a espécie que teve as médias mais altas de alocação de biomassa, no qual o tratamento 5 teve a menor média e o tratamento 2, a maior. Para *A. germinans*, o tratamento com a menor média foi o tratamento 3 e a maior média foi observada no tratamento 2.

Tabela 1 - Resultado da análise mista para Biomassa radicular, Biomassa caulinar e Biomassa foliar

	Biomassa Radicular			Biomassa Caulinar			Biomassa Foliar		
	DF	F	p	DF	F	p	DF	F	p
Espécie	1	776.92	<0.05	1	2639.34	<0.05	1	398.59	<0.05
Tratamento	4	1.4	0.227	4	2.3	0.072	4	1.9	0.116
Espécie:Tratamento	4	1	0.415	4	0.9	0.465	4	3.3	<0.05

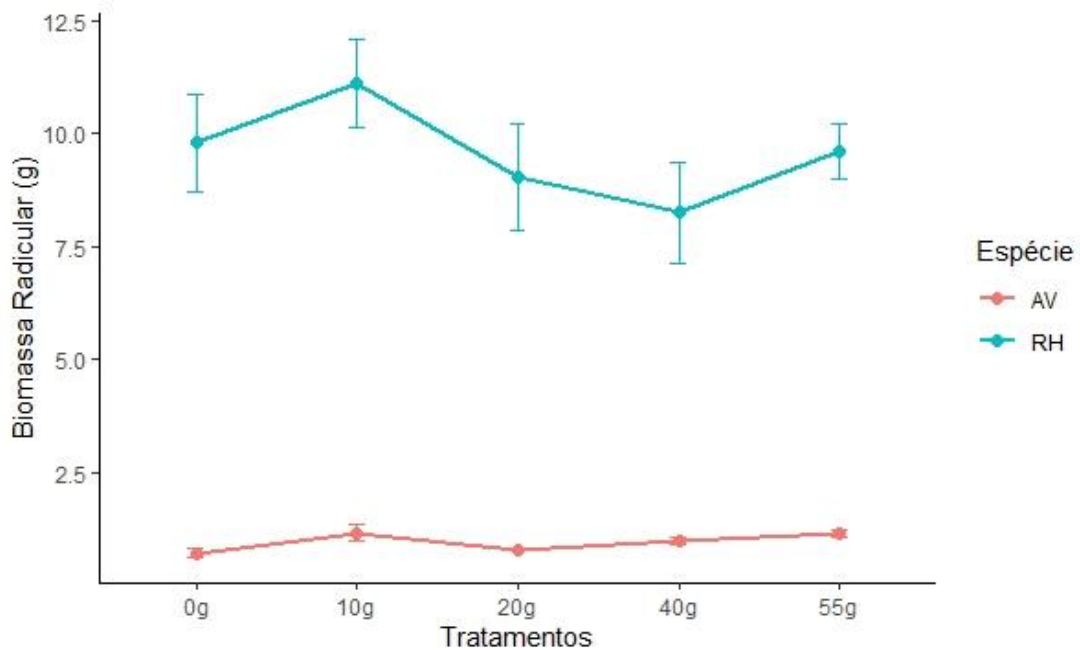


Figura 7.A - Variação da biomassa radicular de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1=0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

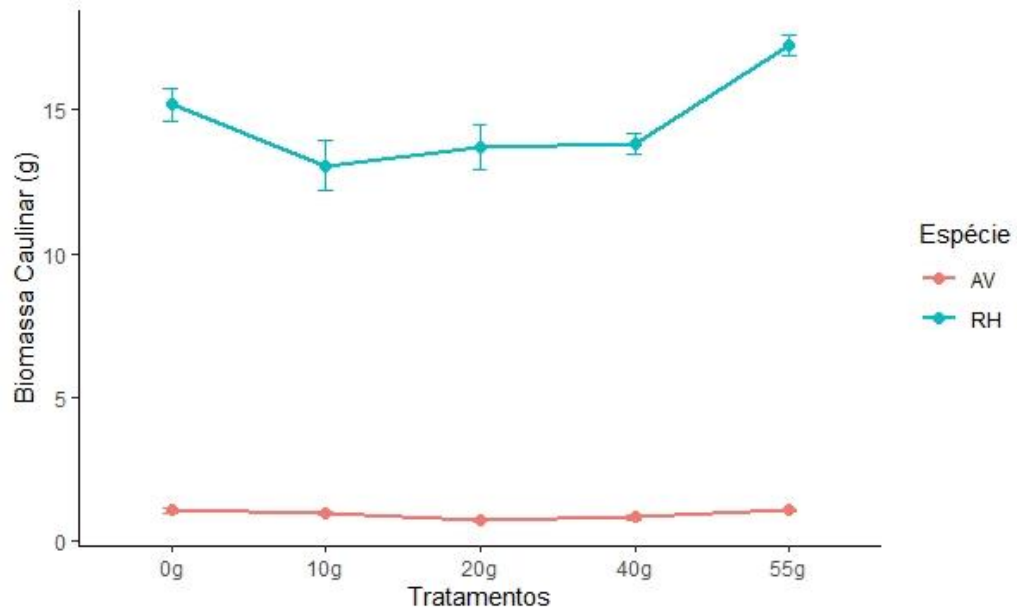


Figura 7.B - Variação da biomassa caulinar de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

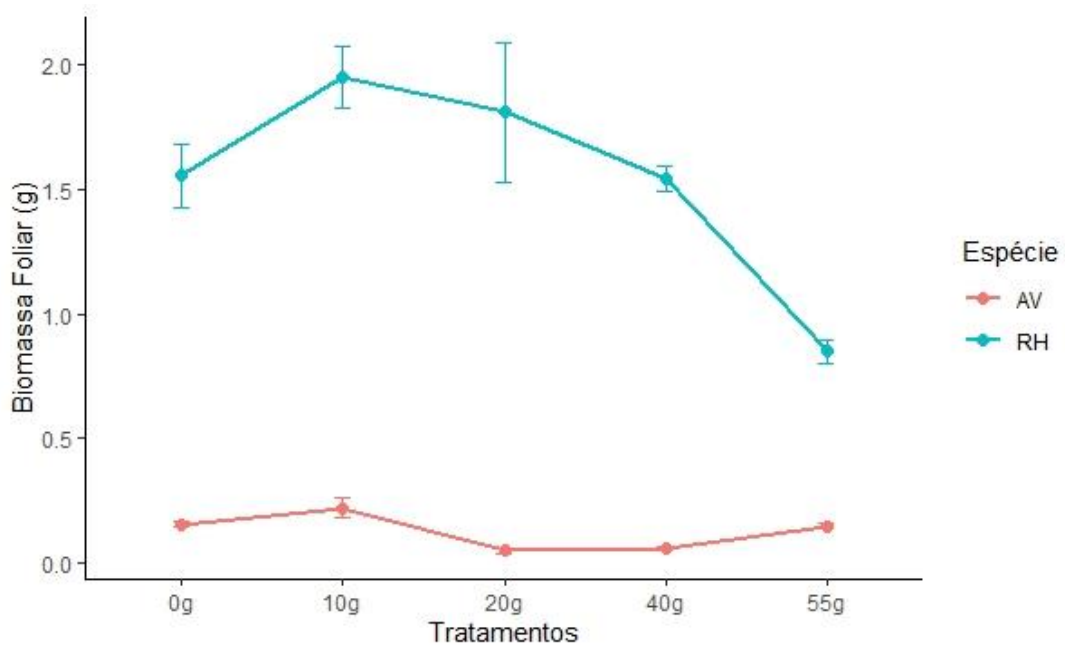


Figura 7.C - Variação da biomassa foliar de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

3.2 Atributos morfológicos foliares

Os atributos foliares SLA e LDMC diferiram entre as espécies (Tabela 2), com *A. germinans* apresentando o maior SLA e *R. racemosa* o maior LDMC. Observou-se diferença significativa nos tratamentos para as duas espécies, com *A. germinans* apresentando sua maior média de SLA no tratamento 5 e a menor média no tratamento 3. *R. racemosa* apresentou sua maior média de SLA no tratamento 4 e a menor no tratamento 2. Para *A. germinans* foi observado que o tratamento 1 teve a maior média de LDMC e o tratamento 4 a menor. *R. racemosa* apresentou o maior LDMC no tratamento 3 e o tratamento 4 apresentou a menor média (Figura 4). Não tivemos diferenças significativas ao avaliar a interação entre espécie e tratamento.

Tabela 2 - Resultado da análise mista para os atributos foliares SLA e LDMC.

	SLA			LDMC		
	DF	F	p	DF	F	p
Espécie	1	26.4	<0.05	1	26.7	<0.05
Tratamento	1	1.5	<0.05	1	5.6	<0.05
Espécie:Tratamento	1	0.5	0.449	1	0.2	0.639

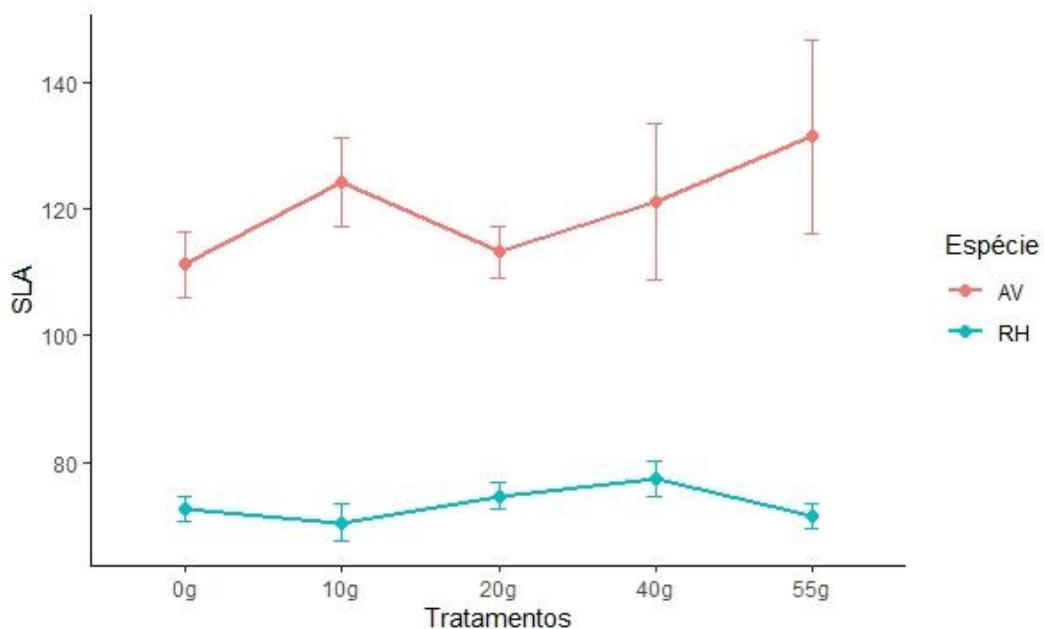


Figura 8.A - Variação no atributo foliar SLA - Specific leaf area de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1=0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

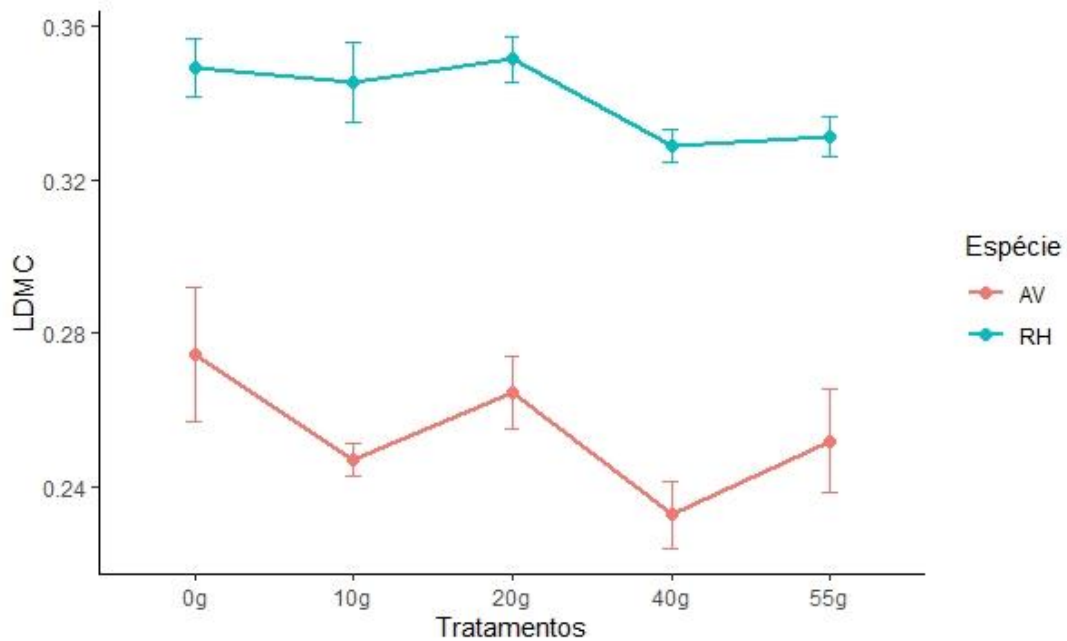


Figura 8.B - Variação no atributo foliar LDMC - Leaf dry-matter content (B) de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

3.3 Assimetria flutuante

Não houve diferença significativa entre as espécies e tratamento isolados, entretanto quando observamos a interação entre espécie e tratamento obteve-se diferença significativa (Tabela 3). *A. germinans* apresentou os maiores índices de assimetria no tratamento 1 e o menor índice de assimetria no tratamento 3. *R. racemosa* apresentou a maior assimetria no tratamento 1 e o menor no tratamento 5.

Tabela 3 – Resultado da análise mista para o índice de assimetria.

	Índice de Assimetria		
	DF	F	p
Espécie	1	2.2	0.138
Tratamento	1	1.1	0.285
Espécie:Tratamento	1	7.7	<0.05

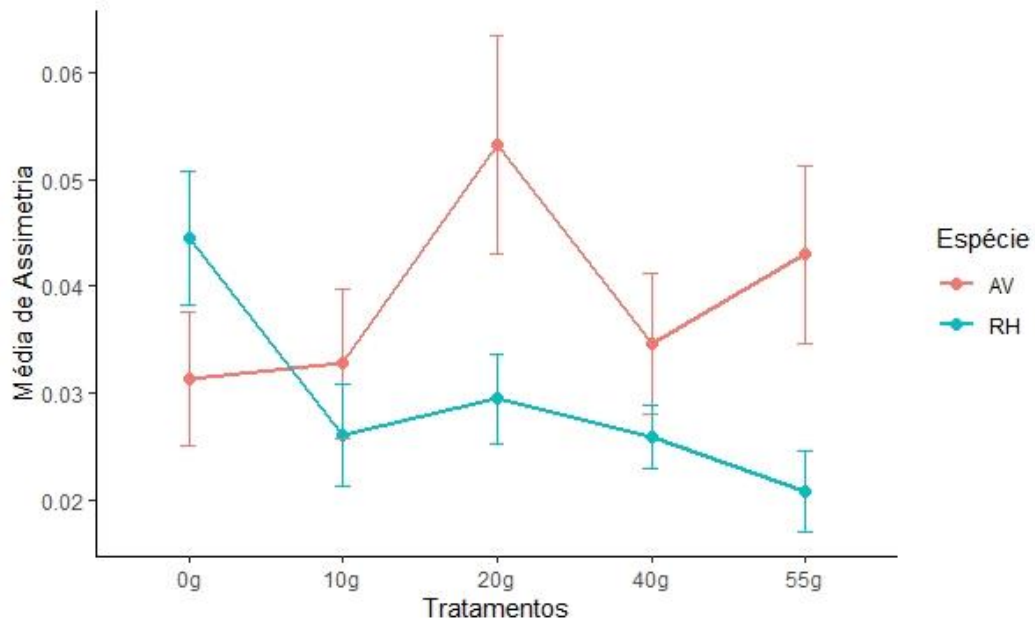


Figura 9 – Variação média de assimetria em *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* em cinco tratamentos de salinidade. T1= 0g, T2=10g, T3=20g, T4=40g, T5=55g de sal/L.

4. DISCUSSÃO

Nosso trabalho mostrou que *Rhizophora racemosa* apresenta maior biomassa, enquanto *Avicennia germinans* não mostrou variações significativas nos tratamentos. As mudanças entre os tratamentos foram mais acentuadas na *Rhizophora racemosa*, no qual a espécie apresentou uma redução na biomassa foliar em alta salinidade. Avaliamos se o SLA seria maior em *A. germinans* e o LDMC maior em *R. racemosa* em tratamentos com maior salinidade. Nossa hipótese foi aceita, no qual *A. germinans* apresentou maiores valores de SLA, assim investindo em folhas menos longevas, já para *R. racemosa* ocorreu um investimento maior em LDMC, apresentando folhas com maior alocação de carbono. Para a assimetria flutuante (AF), nossa hipótese afirmava que nos tratamentos com maior salinidade os desvios bilaterais que caracterizam a assimetria seriam mais acentuados, todavia, não foi notada essa diferença nos nossos resultados.

Tivemos nossa primeira hipótese aceita, entretanto, nossos resultados mostraram alguns pontos interessantes acerca do comportamento da alocação e dos investimentos de carbono. *R. racemosa*, no tratamento 2 de biomassa radicular e foliar (Figura 3.A, 3.B), apresentou as maiores médias de biomassa. Pode se explicar esse comportamento visto que *R. racemosa* é uma espécie halófito facultativa ocorrendo em regiões com níveis de salinidade mais baixos. Flowers et al. (1986) afirma que espécies halófitas tem seu crescimento ótimo sob baixa

salinidade. Para *A. germinans* foi observado que a biomassa foliar, caulinar e radicular não variaram significativamente sob o gradiente de salinidade que foi imposto. *A. germinans* é uma espécie que tem adaptações para lidar com a salinidade e se encontra em ambientes mais salinos, sendo mais tolerantes do que *R. racemosa* (Hutchings & Saenger, 1987), logo apresentou menor alocação para biomassa, o que foi constatado nos nossos resultados (Figura 3.A, 3.B, 3.C).

O tratamento 5 da biomassa foliar de *R. racemosa* (Figura 3.C) apresentou comportamento diferente da biomassa radicular e caulinar. Nesse tratamento observamos que a média da biomassa foliar caiu drasticamente, enquanto a biomassa caulinar no tratamento 5 (Figura 3.B) aumentou, indicando que pode ter ocorrido um *trade-off*, no qual houve um maior investimento em biomassa caulinar do que foliar. Além disso, nesse tratamento de maior salinidade também foi observado um menor LDMC (Figura 4), pontuando que no tratamento com maior salinidade a planta alocou menos carbono nas folhas (Garnier et al., 2001), aumentando sua senescência. Negrão et al. (2017), diz que a alta salinidade pode induzir nos indivíduos uma redução do crescimento aéreo, alterando a dinâmica de alocação de biomassa na planta.

Em relação aos atributos foliares, *A. germinans* teve maior SLA e seu LDMC foi baixo. Nossos resultados vão de encontro com os de Aspinwall et al. (2021), onde foi constatado que o SLA foi maior em tratamentos com maior salinidade. De acordo com Reich (2014) altos valores de SLA indicam que a planta tem uma produção de folhas muito mais rápida, logo menos longevas e com um “prazo de validade” menor. Como não foi observada diferenças acentuadas entre os tratamentos de salinidade, pode se presumir que essa espécie tem adaptações para tolerar alta salinidade e uma delas são as glândulas de sal nas folhas que secretam o sal como uma estratégia para eliminá-lo do organismo. Suárez et al. (2008) constatou que o nível de secreção de sal nas folhas aumenta com a salinidade.

R. racemosa apresentou maior LDMC e SLA baixo, comprovando a nossa hipótese. Entretanto, esperávamos que o LDMC mantesse os seus valores sempre altos, enquanto a salinidade do gradiente fosse aumentando. Porém, observamos que a partir do tratamento 4 (Figura 4), as médias começaram a serem mais baixas, quando comparamos esses dados com o de biomassa foliar, notamos que houve a queda dos dois nos mesmos tratamentos (4 e 5). Biber (2006) mostrou que *Rhizophora stylosa* apresenta um crescimento instável sob salinidades superiores a 25-50%, o que mostra uma certa conexão com nossos resultados visto que respectivamente os tratamentos 4 e 5 tinham salinidades superiores a essa faixa. *R. racemosa* é uma espécie de locais que tem muita entrada de água doce, logo com o aumento

significante da salinidade nos últimos tratamentos, alocou seus recursos em outras partes da planta, como a biomassa caulinar (Figura 3.B).

Esperávamos uma maior assimetria flutuante nos tratamentos mais salinos, todavia não foi notada essa diferença nos nossos resultados. Mas, observamos que *R. racemosa* teve seu maior índice de assimetria no tratamento 1, e *A. germinans* no tratamento 3 (Figura 5). *R. racemosa* a partir do tratamento 3, apresentou as menores médias de AF, indicando que as folhas começaram a ficar mais simétricas, na literatura até o momento não existem trabalhos que expliquem esse ocorrido. *A. germinans* mostrou pequenas variações nas médias, entretanto nada significativo. Torrez-Terzo e Pagliosa (2007), estudaram a assimetria flutuante de estômatos e glândulas de sal em folhas de *Avicennia schaueriana* e indicaram que a AF poderia ser usada como um biomarcador de estresse de salinidade. Entretanto, nossos resultados mostraram que a assimetria flutuante pode não ser a melhor ferramenta para auxiliar no entendimento do comportamento de *Avicennia germinans* e *Rhizophora racemosa* sob a influência de um estresse salino.

5. CONCLUSÃO

Concluimos que sob a influência do gradiente de salinidade *Rhizophora racemosa* apresentou mais variação nos atributos analisados em nosso trabalho, enquanto *Avicennia germinans* não variou efetivamente para todos os atributos. Na análise da biomassa vimos que *R. racemosa* teve variações muito marcantes, e médias mais altas que *A. germinans* devido a diferença interespecífica das mesmas, mas em especial a adaptação para ambientes mais salinos de *A. germinans*. *R. racemosa* apresentou respostas mais plásticas, precisando ajustar os investimentos para construção de seus tecidos em resposta ao gradiente de salinidade.

Notou-se que o SLA foi maior em *A. germinans* e o LDMC maior em *R. racemosa*, mostrando que as espécies apresentaram um *trade-off* em relação suas estratégias em uma condição mais salina. A assimetria flutuante não se mostrou como um bom medidor de estresse de salinidade para essas duas espécies. Todavia, estudos que já foram realizados, identificaram a AF como um bom biomarcador para outras espécies. Diante disso, aconselhamos mais estudos utilizando a AF e outros atributos visto que as espécies apresentam diversas formas de responder sob a influência de salinidade.

Estudos com *A. germinans* são vastos e muito encontrados na literatura, facilitando as discussões acerca da espécie, entretanto quando procuramos sobre *R. racemosa* os estudos são raros. Nos trabalhos falando de *R. racemosa* sempre utilizam outras espécies do

gênero *Rhizophora* para comparar e fazer uma conexão sobre o comportamento delas. Com isso, se faz necessário estudos mais voltados a essa espécie, abarcando sua morfologia, fisiologia e comportamento, para que informações sobre ela sejam cada vez mais abundantes e facilitem seu entendimento.

REFERÊNCIAS

- ALONGI, D. M. Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 6:195–219. 2014.
- ASPINWALL, M. J., FACIANE, M., HARRIS, K., O'TOOLE, M., NEECE, A., JEROME, V., ... & FELLER, I. C. (2021). Salinity has little effect on photosynthetic and respiratory responses to seasonal temperature changes in black mangrove (*Avicennia germinans*) seedlings. *Tree Physiology*, 41(1), 103-118.
- BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B., WALKER, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- BEASLEY, D. A. E., BONISOLI-ALQUATI, A., MOUSSEAU, T. A. (2013). The use of fluctuating asymmetry as a measure of environmentally induced developmental instability: A meta-analysis. *Ecol Indic* 30:218–226. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.024>
- BIBER, P. D. (2006). Measuring the effects of salinity stress in the red mangrove, *Rhizophora mangle* L. *African Journal of Agricultural Research*, 1(1), 001-004.
- CARMOUZE, J. P. (1994). O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Ed. Edgard Blücher/FAPESP, São Paulo. 254.
- CERÓN-SOUZA, I., TURNER, B. L., WINTER, K., MEDINA, E., BERMINGHAM, E., & FELINER, G. N. (2014). Reproductive phenology and physiological traits in the red mangrove hybrid complex (*Rhizophora mangle* and *R. racemosa*) across a natural gradient of nutrients and salinity. *Plant Ecology*, 215(5), 481–493. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0315-1>
- CLOUGH, B. F. (1984) Growth and salt balance of the mangroves. *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. *Aust J Plant Physiol* 11:419–430
- CORREIA, M. D., & SOVIERZOSKI, H. H. (2005). *Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais*. Maceió: Edufal.
- DOWNTON, W. J. S. (1982) Growth and osmotic relations of the mangrove, *Avicennia marina*, as influenced by salinity. *Aust J Plant Physiol* 9:519–528

- FLOWERS, T. J., HAJIBAGHERI, M. A., CLIPSON, N. J. W. (1986) Halophytes. *Q Rev Biol* 61:313–337
- FREEMAN D.C., BROWN M.L., DUDA J.J., GRAHAM, J.H., EMLEN, J.M., KRZYSIK, A.J., BALBACH, H., KOVACIC, D.A., ZAK, J.C. Developmental instability in *Rhus copallinum*: multiple stressors, years, and responses. *Int J Plant Sci* 165:53–63. 2004.
- GARNIER, E., SHIPLEY, B., ROUMET, C., & LAURENT, G. (2001), A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. **Functional Ecology**, 15: 688-695. <https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00563.x>
- GEDAN, K. B., SILLIMAN, B. R., & BERTNESS, M. D. (2009). Centuries of Human-Driven Change in Salt Marsh Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 1(1) 17–41. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163930>
- GRAHAM, J. H., HEL-OR, H., & NEVO, E. (2010). Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications. *Symmetry*, 2(2), 466-540.
- HAMILTON, L. S., MURPHY, D. H. (1988) Use and management of nipa palm (*Nypa fruticans*, Arecaeae): a review. *Econ Bot* 42:206–213
- HUTCHINGS, P., SAENGER, P. (1987). *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press, St Lucia, Australia. 388p.
- JAGTAP, T. G., NAGLE, V. L. (2007) Response and adaptability of mangrove habitats from the Indian subcontinent to changing climate. *Ambio* 36:328–334
- KIM, J. H., DUPONT, L., BEHLING, H., VERSTEEGH, G. J. M. (2005) Impacts of rapid sea-level rise on mangrove deposit erosion: application of taraxerol and *Rhizophora* records. *J Quat Sci* 20:221–225
- KRAUSS, K.W., LOVELOCK, C. E., MCKEE, K. L., LOPEZ-HOFFMAN, L., EWE, S. M. L., SOUSA, W. P. (2008) Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. *Aquat Bot* 89:105–127
- NEGRÃO, S., SCHMÖCKEL, S. M., & TESTER, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of botany*, 119(1), 1-11.
- NEGRÃO-RODRIGUES, V., TEODORO, G. S., MARQUES-AZEVEDO, M. J., & BRUM, M. (2021). Testing a low cost apparatus to monitor soil salinity in plant physiology experiment using Arduino platform. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(18), 2145-2160.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.
- PARIDA, A. K., & JHA, B. (2010). Salt tolerance mechanisms in mangroves: a review. *Trees*, 24(2), 199-217.

- PARIHAR, P., SINGH, S. R., SINGH, V. P. & PRASAD, S. (2015) Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4056–4075. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>
- PASCOALINI, S. S., DE SANTANA LOPES, D. M., FALQUETO, A. R & TOGNELLA, M. M. P. (2014). Abordagem ecofisiológica dos manguezais: uma revisão. *Biotemas*, 27(3), 1-11.
- PAULO DA CUNHA, L. A. N. A. (2004). Novas formas de gestão dos manguezais brasileiros: a Baía de Paranaguá como estudo de caso. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, 10.
- PEREIRA, J.C.; Schumacher, M.V.; Hoppe, J.M.; Caldeira, M.V.W.; Santos, E.M. Produção de biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 21, n. 4, 1997. p. 521-526.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, DÍAZ, S., GARNIER, E., LAVOREL, S., POORTER, H., JAUREGUIBERRY, P. ... CORNELISSEN, J. H. C. C. (2016). New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 64, 715–716. http://dx.doi.org/10.1071/BT12225_CO
- POPP, M., POLANIA, J., & WEIPER, M. (1993). Physiological adaptations to different salinity levels in mangrove. In *Towards the rational use of high salinity tolerant plants* (pp. 217-224). Springer, Dordrecht.
- REICH, P. B. The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: A traits manifesto. *J. Ecol.* **2014**, 102, 275–301.
- RIBAS, E. S., DE JESUS ALMEIDA, G., & AUGUSTO, G. (2009). Estimativa da biomassa e carbono existência: o caso do manguezal na área do sítio Sandi, Santos-SP. *Revista Ceciliana*, 1(2), 39-43.
- SUÁREZ, N., & MEDINA, E. (2008). Salinity effects on leaf ion composition and salt secretion rate in *Avicennia germinans* (L.) L. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20, 131-140.
- TORREZ-TERZO, G., & PAGLIOSA, P. R. (2007). Fluctuating asymmetry as a useful biomarker of environmental stress: a case of study with *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. Ex Moldenke (Acanthaceae). *INSULA Revista de Botânica*, 36, 75-75.
- UDAYAKUMAR, M., & SEKAR, T. (2021). Leaf Traits of Trees in Tropical Dry Evergreen Forests of Peninsular India. *Ecologies*, 2(3), 268-284.
- WALSH, G.E. 1974. Mangrove forests: a review. In: R.J. Reinold & W.H. Queen (eds.). *Ecology of Halophytes*. New York, Academic Press.