

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO**

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Avicennia
schaueriana* FRENTE A VARIAÇÃO DE
SALINIDADE EM UM *BEACHROCK*
BRASILEIRO**

LUCAS DE ALMEIDA LEITE

São Mateus/ES

Abril/2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO
UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO CURSO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO**

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Avicennia
schaueriana* FRENTE A VARIAÇÃO DE SALINIDADE
EM UM *BEACHROCK* BRASILEIRO**

LUCAS DE ALMEIDA LEITE

Monografia de conclusão de curso apresentada ao
Curso de Ciências Biológicas da Universidade
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do título de BACHAREL EM
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientador: Dr. Antelmo Ralph Falqueto
Coorientadora: Msc. Ully Depolo Barcelos

São Mateus/ES

Abril/2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Lucas de Almeida Leite

Título: **RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE *Avicennia schaueriana* FRENTE À VARIAÇÃO DE SALINIDADE EM UM BEACHROCK BRASILEIRO**

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
Defendida e aprovada em 26/04/2021

Com nota 9,25 pela comissão julgadora:

Prof. DSc. Antelmo Ralph Falqueto
Orientador e presidente da comissão examinadora

Prof. MSc. Marcel Merlo Mendes
Examinador

Profa. DSc. Mônica Maria Pereira Tognella
Examinadora

Centro Universitário Norte do Espírito Santo
Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540
São Mateus - ES
Site eletrônico: <http://www.ceunes.ufes.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ANTELMO RALPH FALQUETO - SIAPE 1648734
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 27/04/2021 às 16:39

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/179710?tipoArquivo=O>

ASSINATURA

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

MARCEL MERLO MENDES
CIDADÃO
assinado em 27/04/2021 17:09:52 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 27/04/2021 17:09:52 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por MARCEL MERLO MENDES (CIDADÃO)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2021-Z5FHW7>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
MONICA MARIA PEREIRA TOGNELLA - SIAPE 1545489
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 03/05/2021 às 11:42

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/182282?tipoArquivo=O>

Dedico esse trabalho a minha família e amigos, que sempre estiverem comigo nos momentos mais difíceis. Sem vocês eu não chegaria até aqui.

AGRADECIMENTOS

A minha família por acreditarem em mim desde o início, parece clichê, mas vocês são meu maior tesouro, amo cada um de vocês (Tia Lalá, Maiara, Iuri, Breno, Sofia, Luísa, Danilo e Isabela)

A minha dindinha: Lidiane Leite por vencer essa luta junto com a Vovó Nair e me inspirar e auxiliar a seguir esse caminho.

A minha tia caca: Marcia Leite, que me mostra a cada dia que nunca é tarde para correr atrás de seus sonhos e recomeçar.

A minha véia: Nair Valis Leite, por ser a mulher mais forte, corajosa e amorosa que eu conheço, vó, você é uma mãe pra mim. Obrigado por ser o pilar da nossa família e por cada abraço, isso começou com você, é por você. Te amo.

O meu véio José Leite. Obrigado pela parceria vô, por me ajudar desde o início dessa caminhada, por todo carinho e respeito. Eu sei que o senhor tem seu jeitão de expressar seu amor e saiba que te amo muito também.

A minha mãe Alessandra Regis de Almeida Leite e meu pai Hemerson Leite, que me deram força de tomar coragem para sair de casa e seguir meu sonho. E no meio dessa bagunça, voltarem a escola e terminarem o ensino médio, vocês são meus heróis, amo vocês!

Ao professor Dr. Antelmo Ralph Falqueto, que acreditou em mim desde o primeiro dia na universidade e por abrir as portas do seu laboratório. Obrigado pela orientação!

A Msc. Uily de Pollo Barcelos, por ser a melhor coorientadora possível nessa terra, te admiro muito!

À professora Dr^a. Mônica Maria Pereira Tognella por ser um dos principais modelos de ser humano e profissional que eu conheço e me inspiro. Obrigado pelas caronas também! Aprendi muito sobre a vida e paguei muito café com o dinheiro que economizei.

A UFES, FEST/RENOVA pela maior experiência científica e tecnológica da minha graduação.

A minha amiga do coração e da vida Laísa, mana obrigado por aguentar todos os meus surtos ao longo dessa jornada a vida separou a gente em distância, mas o coração permanece pertinho.

Ao grupo (Basílio e Jasmini), obrigado pelas gargalhadas e pelo espaço de desabafo, amo vocês caras.

Aos meus amigos/família da UFES pela parceria: Jorge, Thais, Pedro (Mana), Igor (Mana), Rafael, Ricardo, Manoela, Júlia, Caio Castro e Paulo (sim gente, o Paulo também).

Ao Kessé, meu namorado. Amor, muito obrigado por topar essa empreitada comigo, não foi fácil ficar todo esse tempo longe, passamos por muitas coisas que fortaleceram ainda mais nós dois. Agradeço o carinho, os puxões de orelha e toda sua alegria de viver contagiante, que me anima mesmo nos meus piores dias. Se não fosse você eu não estaria aqui hoje, em vários sentidos. Obrigado por me amar assim e por ter paciência. Te amo, minha ararinha azul.

“Um dia, o diabo sussurrou no meu ouvido: você não vai conseguir, você não vai passar pelas tempestades. Eu virei pra ele e falei assim: diabo, acalma teu coração, eu sou a tempestade”. (Autor desconhecido)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos específicos	15
3 MATERIAL E MÉTODO	15
3.1 Área amostral, material vegetal e condições de amostragem	15
3.1.1 Área de estudo	19
3.1.2 Amostragem	19
3.2 Salinidade	20
3.3 Avaliações Fisiológicas	20
3.3.1 Biometria Foliar	20
3.4 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	20
3.5 Atividade antioxidante contra o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$)	21
3.6 Análise estatística	22
4 RESULTADOS	22
4.1 Salinidade	22
4.2 Biometria foliar	23
4.3 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	23
4.3.1 Parâmetros do teste JIP	23
4.4 Atividade antioxidante contra o radical superóxido	26
5 DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÃO	30
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo, localizada na APA – Costa das algas. ..	16
Figura 2. Árvores adultas de <i>A. schaueriana</i> no <i>beachrock</i> da APA – Costa das algas	17
Figura 3. Foto Panorâmica da área de estudo no <i>beachrock</i> da APA – Costa das algas.....	17
Figura 4. <i>A. schaueriana</i> no <i>beachrock</i> da APA – Costa das algas.	18
Figura 5. Substrato avermelhado característico dos <i>beachrock</i> encontrados no Espírito Santo. APA – Costa das algas	18
Figura 6. Vista da praia da área de estudo APA – Costa das algas.	19
Figura 7. Indivíduos de <i>A. schaueriana</i> lacrados para análise.....	19
Figura 8. Poça de água intersticial.....	20
Figura 9. Valores médios da salinidade do manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas	22
Figura 10. Valores médios dos fluxos específicos de energia de absorção por CR ou tamanho efetivo da antena de um CR ativo (ABS/RC), de energia capturado por CR em $t = 0$ (TR_0/RC), de transporte de elétrons por CR em $t = 0$ (ET_0/RC) e de dissipação de um CR ativo (DI_0/RC) do manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental ambiental Costa das Algas.....	24
Figura 11. Modelo de Pipeline de fluxo de energia por secção transversal. Efeito da salinidade sobre o fluxo fenomenológico de absorção por seção transversal (ABS/ CS_0), de captura por seção transversal (TR_0/CS_0), de transporte de elétrons por seção transversal (ET_0/CS_0), de dissipação por seção transversal (DI_0/CS_0) e nos Centros de reação ativos (círculos brancos) por seção transversal (RC/CS_0) do manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas.	25
Figura 12. Valores médios da atividade antioxidante contra o radical superóxido no manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas.	26

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros do teste JIP analisados.	20
Tabela 2. Valores médios da biometria foliar de <i>Avicennia schaueriana</i> do manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas	23
Tabela 3. Efeito da salinidade sobre a intensidade de fluorescência mínima a 0,02 ms (F_0), rendimento quântico máximo fotoquímico primário (ϕP_0) e Índice de desempenho para conservação de energia para redução dos aceptores de elétrons do intersistema (PI_{ABS}), o índice de desempenho total, medindo o desempenho até os aceptores finais de elétrons do FSI (PI_{TOTAL}) do manguezal localizado sobre um <i>beachrock</i> da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas..	24

RESUMO

O ecossistema manguezal, localizado na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas, está associado a um *beachrock*. As plantas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman na área, são constantemente expostas a variação da salinidade. A salinidade é o principal fator abiótico que condiciona um estresse a plantas de mangue. Em determinadas concentrações, age como fator regulador dos processos fotossintéticos. Objetivou-se avaliar o efeito da salinidade sobre indivíduos de *Avicennia schaueriana*, a fim de determinar os ajustes fotossintéticos, morfológicos e bioquímicos da espécie para a ocupação do *beachrock*. Dois períodos de salinidade distintas foram identificados: alta salinidade (AS - 28,20 ups) e baixa salinidade (BS - 17,75 ups). A salinidade intersticial e o desempenho do FS II das plantas foram aferidos utilizando-se um sensor multiparâmetro e um fluorômetro Handy-PEA, respectivamente. O desempenho do FSII foi medido no segundo par de folhas completamente expandidas de 5 plantas por mês (seis medidas por planta), totalizando um n amostral de 30 medições, durante o período de 8h as 10h. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey com 5% de significância. Em AS *A. schaueriana* apresentou menores ($p < 0,05$) valores de ϕP_0 , PI_{ABS} , RC/CS_0 e da atividade antioxidante contra o $O_2^{\cdot -}$. Maiores valores de LF, SF, ABS/RC , TR_0/RC , ET_0/RC , Di_0/RC , ABS/CS_0 , TR_0/CS_0 e Di_0/CS_0 . Essas alterações inferem ajustes ecofisiológicos que envolvem processos bioquímicos, biométricos foliares e fotoquímicos por *A. schaueriana*, conferindo o status de tolerante a espécie. Estudos a longo prazo são necessários, a fim de estabelecer os limites plásticos da espécie ao tensor.

Palavras-chave: Fluorescência da clorofila *a*, Teste JIP, Plasticidade.

ABSTRACT

The mangrove ecosystem, located in the tidal zone of the Costa das Algas Environmental Protection Area (EPA), is associated with a beachrock. Avicennia schaueriana Stapf & Leechman plants in the area are constantly exposed to variation in salinity. Salinity is the main abiotic factor that causes stress to mangrove plants. In certain concentrations, it acts as a regulating factor of photosynthetic processes. The objective was to evaluate the effect of salinity on individuals of Avicennia schaueriana, in order to determine the photosynthetic, morphological and biochemical adjustments of the species for the occupation of the beachrock. Two distinct salinity periods were identified: high salinity (HS - 28.20 ups) and low salinity (LS - 17.75 ups). The interstitial salinity and FS II performance of the plants were measured using a multiparameter sensor and a Handy-PEA fluorometer, respectively. FSII performance was measured on the second pair of fully expanded leaves of 5 plants per month (six measurements per plant), totaling a sample n of 30 measurements, during the period from 8 am to 10 am. The data were submitted to the Tukey test with a 5% significance level. In AS A. schaueriana it presented smaller ($p < 0.05$) values of ϕP_0 , PI_{ABS} , RC/CS_0 and the antioxidant activity against $O_2^{\cdot-}$. Higher values of LF , SF , ABS / RC , TR_0 / RC , ET_0/RC , Di_0/RC , ABS/CS_0 , TR_0/CS_0 and Di_0/CS_0 . These changes infer ecophysiological adjustments that involve biochemical, leaf biometric and photochemical processes by A. schaueriana, conferring the species tolerant status. Long-term studies are necessary in order to establish the plastic limits of the species to the tensor.

Keywords: *Fluorescence a Chlorophyll, JIP test, Plasticity.*

1 INTRODUÇÃO

Schaeffer-Novelli (1987) descreve o manguezal como um ecossistema estruturado em ambientes halófitos, cuja vegetação predominantemente arbórea, tem seu maior desenvolvimento na faixa intertropical. Caracterizado, como uma zona úmida de extremo valor ecológico, devido grande aporte de nutrientes, organismos e sedimentos advindos da variação de maré (LUGO; SNEDAKER, 1974) o estudo de suas interações ecossistêmicas extrapolam os limites do ambiente, tendo efeitos que beneficiam indiretamente tanto a população humana, como os organismos que o tangem (LUGO; SNEDAKER, 1974; BARBIER, 2016).

Segundo Spalding (2010), a flora do manguezal se divide em dois sítios, encontradas no *Atlantic, Caribbean, Eastern Pacific (ACEP)* e *Indo-West Pacific (IWP)*. Variando em diversidade, ambos apresentam espécies endêmicas. O sítio de menor diversidade *ACEP*, possui um conjunto de 4 gêneros (*Pelliciera sp.*, *Avicennia sp.*, *Laguncularia sp.* e *Rhizophora sp.*), em escala global, representando quatro vezes menos gêneros do que o Indo-Oeste Pacífico (RICKLEFS; D. SCHLUTER, 1993). O manguezal brasileiro, localizado no ALP, é estruturado por três gêneros: *Avicennia sp.*, *Laguncularia sp.* e *Rhizophora sp.* (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018).

Apesar de apresentar um declínio alarmante, em sua cobertura mundial, as florestas de mangue remanescem em cento e vinte e três países, em uma área de aproximadamente quinze milhões de hectares. Seus limites de distribuição, são encontrados especificamente nas coordenadas: 31°22' N no Japão e 32°20' N nas Bermudas, e 38°45' S na Austrália, 38°59' S na Nova Zelândia e 32°59' S na costa oriental da África do Sul (SPALDING et al. 1997; SPALDING et al. 2010).

Atrás apenas da Indonésia, a cobertura de floresta de mangue, no Brasil, se aproxima de 8,5% da área global. Ao longo da costa, mais especificamente em uma área de aproximadamente 1.4 milhões de hectares, entre o Amapá e Santa Catarina. 63 manguezais estão localizados dentro de áreas de proteção ambiental (APAs) (SPALDING et al. 1997; ICMBio, 2020). No estado do Espírito Santo, os manguezais ocupam uma área de 70 km², com os limites de distribuição ao sul, na divisa com estado do Rio de Janeiro, rio Itabapoana e ao norte na divisa com a Bahia, no riacho Doce (VALE & FERREIRA 1998). Gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Costa das algas, foi certificada em 2010, como uma APA. Assegurando o uso sustentável de seus recursos, conservação da fauna, flora e formações bioclásticas e litoclásticas associadas (BRASIL, 2010).

O ecossistema manguezal, localizado na zona de entre maré da APA Costa das Algas, está associado a um *beachrock*. Esse ambiente é regido por fatores físicos que incluem a energia luminosa, eólica e mecânica, além de fatores químicos, como a salinidade (KRUMBEIN, 1979; DALONGEVILLE; SANLAVILLE, 1984; VOUSDOUKAS et al. 2007). Frente a isso, os organismos que habitam esse ambiente devem ser aptos a sobreviverem sobre uma variação constante desses parâmetros.

O primeiro registro a respeito dos *beachrocks* brasileiros foi realizado por Darwin (1841), onde, durante sua passagem pelo litoral de Pernambuco, observou o que ele chamou de “...A hard pale-coloured sandstone, breaking with a very smooth fracture, and formed of siliceous grains, cemented by calcareous matter...” em tradução livre: Arenito duro de cor clara, quebrando-se com uma feição muito lisa, e formado por grãos siliciosos, cimentados por matéria calcária. Estudos mais recentes detalham as especificidades da composição e gênese dessa formação (KNEALE & VILES, 2000; HOLAIL et al. 2004; VOUSDOUKAS et al. 2007).

O conceito de *beachrocks*, também conhecido como arenito de praia, Sandstone reef e recifes de arenito, diz respeito a formações sedimentares costeiras rígidas, constituídas pela cimentação de sedimentos praias, sobretudo com ação da precipitação de Aragonita (Ar) e Calcita Magnesiana-Alta (CMA) (BRICKER, 1971). A condição de temperatura para que ocorra a cimentação supramencionada, pode ser encontrada no Brasil, devido a posição equatorial do país, que por sua vez, apresenta uma temperatura média anual de 20° C (RUSSELL & MCINTIRE, 1965). No Espírito Santo, os *beachrocks* estão associados a formação barreiras. A coloração avermelhada que pode ser observada é característica da região, devido ao processo de cimentação ser associado ao óxido de ferro (ALBINO, 1999; MORAIS, 2007; FERREIRA- JÚNIOR et al. 2011).

Além de ser um excelente refúgio da vida marinha, que utilizam o local para reprodução, alimentação e desenvolvimento, vários bens e serviços estão interligados com a associação entre o manguezal e os *beachrocks*, como por exemplo, a redução da vulnerabilidade da zona costeira a diferentes mudanças climática, elevação da temperatura, nível do mar, tempestades e ventos extremos, além da retenção sedimentar, que proporciona um ambiente produtivo, podendo ser ocupado por uma alta diversidade de organismos, sendo um excelente atrativo de recreação e subsistência das comunidades tradicionais associadas (SOARES, 1997; VOUSDOUKAS et al., 2009; SCHAEFFER-NOVELLI; COELHO-JUNIOR, 2018).

Entre as espécies que ocupam as florestas de mangue no Brasil, o *beachrock* de Costa da Algas é composto, principalmente, pela única espécie endêmica da América do Sul, a halófito, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman (SPALDING et al. 1997). Uma espécie arbórea, que se desenvolve sobre solos instáveis, com flutuações de maré, salinos e baixa disponibilidade de oxigênio. Sua área de ocorrência nas zonas costeiras está entre as longitudes de 30° e 75° O, que incluem a costa sul da porção leste das Antilhas e a América do Sul, da Guiana até o sul do Brasil (SPALDING et al. 1997; TOMLINSON, 1986). Conhecida popularmente como mangue preto ou siriúba, árvores de *A. schaueriana* são caracterizadas, segundo Tomlinson (1986) por apresentarem raízes profundas, que suportam pneumatóforos, lamina foliares que variam em forma (ovaladas ou elípticas) e estreitamente lanceoladas, com presença de glândulas de sal na face adaxial e abaxial, além de possuírem flores maiores que a dos gêneros ao qual divide a família botânica.

Diversas variáveis ambientais regem os processos de zonação das espécies de mangue, indicativas da ocorrência de sucessão ecológica. A salinidade, frequência de inundação, tipo de solo, pluviosidade, competição e disponibilidade de nutrientes, se destacam na influência da estruturação das espécies, bem como em suas respostas ecofisiológicas (WOODROFFE, 1992). Dentro desta perspectiva, a zonação de *A. schaueriana*, e as condições ideais para o seu desenvolvimento estão associadas a locais mais internos dos bosques de mangue, portanto, apresentando maior salinidade. Isso se deve a tolerância associada a capacidade de extrusão de sal, por glândulas especializadas, supracitadas, que permitem uma vantagem na competição com outras glicófitas e mangues menos tolerantes a salinidade (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Mesmo sendo essencial para a ocorrência do mangue, a salinidade é o principal fator abiótico que condiciona um estresse a essas plantas (TOMLINSON, 1986; BALL, 1988). Em determinadas concentrações, age como fator regulador dos processos fotossintéticos, reduzindo a assimilação de carbono, limitando o crescimento (TOMLINSON, 1986; BALL, 1988; WANG et al. 2020). As plantas de *A. schaueriana* que estão sobre o *beachrock* da APA Costa das Algas, são constantemente expostas a esse tensor, devido ao fato do ambiente estar localizado na linha de costa, local de regime semi-diurno de maré, que apresenta durante um ciclo de 24h, duas maré preia-mar e duas baixa-mar.

As consequências da variação da salinidade sobre o estado fisiológico das plantas de mangue são relatadas por diversos autores (FALQUETO et al. 2012; LOPES et al. 2019). O aumento da salinidade é responsável por a eficiência fotoquímica do fotossistema II (MEHTA

et al. 2010); reduzir a absorção, captura de energia por centro de reação (FALQUETO et al. 2012) e pela Inativação dos centros de reação do fotossistema II, inferidos pelo aumento da fluorescência inicial (LOPES et al. 2019) e a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD), necessária para controlar os níveis de espécies reativas de oxigênio, que são deletérias as membranas biológicas (TAIZ et al. 2017; YAN; GUIZHU, 2017).

Altamente valiosa para as análises ecofisiológicas, demonstrando eficácia no monitoramento de eventos fotossintéticos e estado fisiológico das plantas, o método da fluorescência da clorofila *a* é, também, considerado rápido e não evasivo (LICHTENTHALER et al., 1986; KRAUSE; WEIS, 1991). Suas análises são realizadas em um curto espaço de tempo, necessário para a aclimação ao escuro, e posteriormente análise do efeito *Kautsky* em folhas intactas (LICHTENTHALER et al., 1986; KRAUSE; WEIS, 1991).

No Brasil, são escassos estudos que relacionem a ocorrência de *A. schaueriana* a *beachrocks*, bem como a atividade fotossintética nesses ambientes. A efeito de todos os bens e serviços proporcionados por esse ecossistema. Os impactos antrópicos a que ele está sujeito, em função da sua localização e utilização legal. Estudos de caracterização são imprescindíveis, a fim de se obter informações a nível comparativo em estudos de impactos ambientais e de restauração, frente a atividade humana e suas conseqüentes mudanças climáticas.

2 OBJETIVOS

Avaliar o efeito da salinidade sobre indivíduos de *Avicennia schaueriana*, a fim de determinar os ajustes fotossintéticos, morfológicos e bioquímicos da espécie para a ocupação do *beachrock*.

2.1 Objetivos específicos

- Analisar o efeito da salinidade sobre o desempenho do fotossistema II;
- Avaliar o efeito da variação da salinidade sobre a biometria foliar.
- Avaliar a variação da atividade antioxidante contra o radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) frente o aumento da salinidade.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Área amostral, material vegetal e condições de amostragem

3.1.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6), em Aracruz – Espírito Santo (S19°58'23.0" e W040°08'15.4"). A área apresentou ao longo de fevereiro de 2019 e janeiro de 2020, dois períodos de variação salina significativa. Os meses de janeiro, fevereiro e abril são marcados por um período de alta salinidade (AS) e os meses de maio, julho e novembro de baixa salinidade (BS). O regime de maré semi-diurno do local, constante ao longo do ano, permite inferir que a principal fonte do tensor advém do mar. Nesse estudo, a variável independente é a salinidade, como nos *beachrocks* esse fator está diretamente influenciando no comportamento do fotossistema dos indivíduos, *essa análise permitiu a identificação da resposta de A. schaueriana*, frente a variação desse critério.



Figura 1. Árvores adultas de *A. schaueriana* no *beachrock* da APA – Costa das algas. Aracruz- ES. por: Lucas de Almeida Leite.

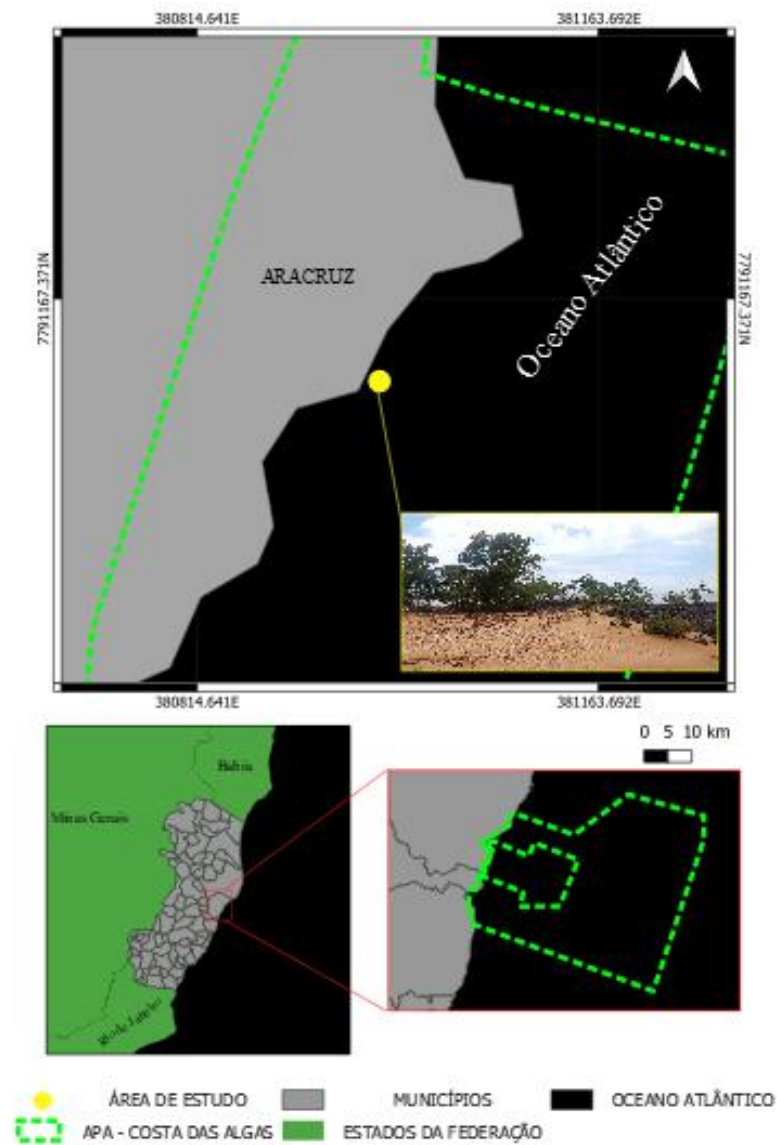


Figura 2. Localização geográfica da área de estudo, localizada na APA – Costa das algas. Aracruz- ES. Desenvolvido por: Lucas de Almeida Leite.



Figura 3. Foto Panorâmica da área de estudo no *beachrock* da APA – Costa das algas. Aracruz- ES. por: Lucas de Almeida Leite.



Figura 4. *A. schaueriana* no *beachrock* da APA – Costa das algas. Aracruz- ES. por: Lucas de Almeida Leite.



Figura 5. Substrato avermelhado característico dos *beachrock* encontrados no Espírito Santo. APA – Costa das algas. Aracruz- ES. por: Lucas de Almeida Leite.



Figura 6. Vista da praia da área de estudo APA – Costa das algas. Aracruz- ES. por: Lucas de Almeida Leite.

3.1.2 Amostragem

Foram realizadas seis amostragens entre 2019 e 2020. Em 2019, as campanhas compreenderam os meses de fevereiro, abril, maio, julho e novembro. Em 2020, a campanha foi realizada em janeiro. Em cada campanha foram amostrados cinco indivíduos de *A. schaueriana* com aproximadamente 1m de altura, devidamente identificados (Figura 7).



Figura 7. Indivíduos de *A. schaueriana* lacrados para análise, no manguezal localizado sobre um *beachrock* na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas.

3.2 Salinidade

A amostragem da salinidade foi realizada a partir da inserção da sonda do sensor multiparâmetro (Hach) em poças de água intersticial (Figura 8). Para cada campanha foram realizadas 3 réplicas, totalizando 9 réplicas para cada trimestre amostral, indicados pelas siglas AS e BS.



Figura 8. Poça de água intersticial, indicada por uma seta verde, no manguezal localizado sobre um *beachrock* na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas.

3.3 Avaliações Fisiológicas

3.3.1 Biometria Foliar

Os comprimentos (CF) e a larguras (LF) foliares foram medidos utilizando uma régua milimétrica, no segundo par de folhas completamente expandido a partir do ápice da planta, em 3 pares de 5 plantas totalizando uma amostra de 30 réplicas por campanha. A *Slenderness* foliar (SF) foi calculada a partir da fórmula de PEEL et al. (2017):

$$\textit{Slenderness foliar (SF)} = \frac{CF}{LF}$$

Onde CF, LF E SF são o comprimento foliar, largura foliar e *Slenderness* foliar, respectivamente.

3.4 Fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a* foi aferida utilizando-se o fluorômetro portátil Handy-PEA (*Hanstech Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, UK*), no segundo par de folhas

completamente expandido a partir do ápice do ramo e previamente adaptada ao escuro por 30 minutos, com cliques foliares específicos (*Hansatech Instruments Ltd.*). Essa medida é necessária para total oxidação do sistema fotossintético de transporte de elétrons. Após, um pulso de luz saturada de $3.000 \mu\text{mol (fóton)} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (650 nm) foi emitido na seção transversal da folha analisada, a fim de obter a cinética de fluorescência rápida ao longo de 1s. A fluorescência transiente OJIP foi analisada conforme o teste JIP, com base na teoria de fluxo de energia em biomembranas (STRASSER; STRASSER, 1995). Os parâmetros do teste JIP analisados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros do teste JIP analisados, adaptado de Strasser et al. (2000).

Parâmetro da fluorescência	Descrição
Fluxos específicos ou atividades específicas por centro de reação (RC)	
ABS/RC	Fluxo de absorção por RC ou tamanho efetivo da antena de um RC ativo
TR ₀ /RC	Fluxo de energia capturado por RC em t = 0
ET ₀ /RC	Fluxo de transporte de elétrons por RC em t = 0
Di ₀ /RC	Dissipação de um RC ativo
Fluxos fenomenológicos ou atividades fenomenológicas por seção transversal (CS ₀)	
ABS/CS ₀	Fluxo fenomenológico de absorção por seção transversal
TR ₀ /CS ₀	Fluxo fenomenológico de captura por seção transversal
ET ₀ /CS ₀	Fluxo fenomenológico de transporte de elétrons por seção transversal
Di ₀ /CS ₀	Fluxo fenomenológico de dissipação por seção transversal
RC/CS ₀	Centros de reação ativos por seção transversal
Eficiências quânticas ou taxas de fluxo	
φP ₀	Rendimento quântico máximo fotoquímico primário
Índice de desempenho	
$PI_{\text{ABS}} = (\text{RC}/\text{ABS}) \times (\phi P_0 / (1 - \phi P_0)) \times (\psi_0 / (1 - \psi_0))$	Índice de desempenho para conservação de energia para redução dos aceptores de elétrons do intersistema
$PI_{\text{TOTAL}} = (\text{RC}/\text{ABS}) \times (\phi P_0 / (1 - \phi P_0)) \times (\psi_0 / (1 - \psi_0)) \times (\delta R_0 / (1 - \delta R_0))$	Índice de desempenho total, medindo o desempenho até os aceptores finais de elétrons do FSI
Parâmetros de fluorescência extraídos e técnicos	
F ₀	Intensidade de fluorescência mínima a 0,02 ms, nessa intensidade de fluorescência todos os centros de reação estão abertos

3.5 Atividade antioxidante contra o radical superóxido (O₂^{•-})

O ensaio para obtenção da produção do radical O₂^{•-} foi realizado conforme descrito em DAL PRÁ et al. (2013). A avaliação da capacidade de sequestrar radicais livres em relação ao radical superóxido foi baseada na geração do radical O₂^{•-} através do sistema enzimático pela reação da hipoxantina catalisada pela enzima xantina oxidase. Foram adicionados 100μL de amostra obtida anteriormente à solução de reação, que consistiu em 100μL de uma solução de EDTA 30mM; 100μL de uma solução 3 mM de hipoxantina e 200μL de uma solução 1,42 mM de Nitro Blue Tetrazolium (NBT). Após a mistura foi mantida a temperatura ambiente por três minutos e, em seguida, adicionado 100μL de uma solução de xantina oxidase com concentração 0,75 U.mL⁻¹ completando-se o volume até 3mL com tampão fosfato 0,05M (pH 7,4). A solução final foi então incubada em temperatura ambiente por 40 minutos e a absorbância medida em

espectrofotômetro em 560nm. A atividade de sequestro do radical superóxido foi calculada utilizando-se a equação:

$$\text{Atividade antioxidante contra o O}_2^{\cdot-} (\%) = 1 - \left[\frac{(A - AB)}{(C - CB)} \right] \times 100$$

Onde A, AB, C e CB são as absorbâncias da amostra, do branco da amostra, do controle e do branco do controle, respectivamente.

3.6 Análise estatística

As réplicas que compõe as médias de salinidade, biometria foliar e fluorescência transiente da clorofila *a* foram submetidas a Análise de variância Anova, e posteriormente ao teste de John Wilder Tukey (teste Tukey), através do programa estatístico SISVAR, para determinar diferenças entre os períodos (BS x AS), definindo-se o valor de $p < 0,05$ como estatisticamente significativo.

4 RESULTADOS

4.1 Salinidade

A salinidade diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre os períodos (Figura 9). Esta diferença permitiu defini-la como a variável independente do estudo. O período de baixa (BS) e alta salinidade (AS), apresentaram respectivamente, valores médios de 17,75 e 28,20 ups.

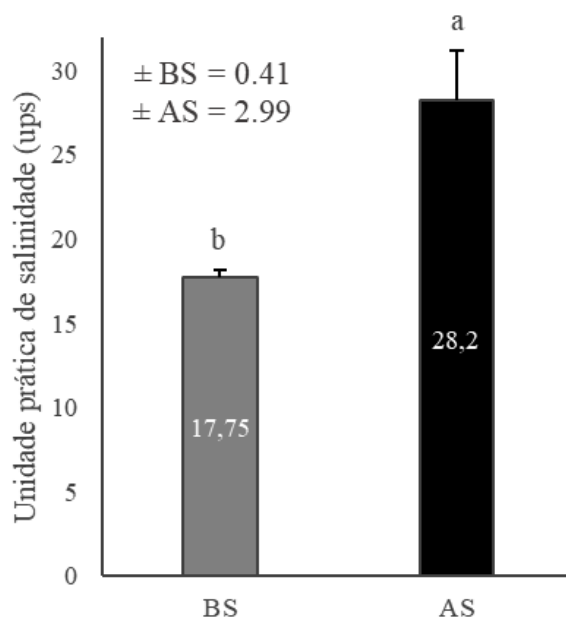


Figura 9. Valores médios da salinidade do manguezal localizado sobre um *beachrock* coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, entre os meses de fevereiro

de 2019 a janeiro de 2020. A média de baixa salinidade (BS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de maio, julho e novembro. A média de alta salinidade (AS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de janeiro, fevereiro e abril. Letras diferentes a cima das colunas representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente e \pm representa o desvio padrão da média.

4.2 Biometria foliar

As folhas de *A. schaueriana* apresentaram uma resposta significativa em relação a variação de salinidade para a largura (LF) e *Slenderness* foliar (SF), possuindo maiores valores no período de AS (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios da biometria foliar de *Avicennia schaueriana* do manguezal localizado sobre um *beachrock* da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, entre os meses de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020. A média de baixa salinidade (BS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de maio, julho e novembro. A média de alta salinidade (AS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de janeiro, fevereiro e abril. Letras diferentes representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente. Valores indicados após \pm representam o desvio padrão da média.

Variável	<i>Avicennia schaueriana</i>	
	BS	AS
Comprimento (cm)	7,06 \pm 1,304 a	7,25 \pm 1,117 a
Largura (cm)	3,43 \pm 0,665 b	4,21 \pm 3,428 a
Índice de <i>Slenderness</i> (Unidade relativa)	1,86 \pm 0,417 b	2,1 \pm 0,234 a

4.3 Fluorescência da clorofila *a*

4.3.1 Parâmetros do teste JIP

A Tabela 3 apresenta a resposta significativa ($p < 0,05$) da intensidade de fluorescência mínima a 0,02 ms (F_0), rendimento quântico máximo fotoquímico primário (ϕP_0) e Índice de desempenho para conservação de energia para redução dos aceptores de elétrons do intersistema (PI_{ABS}), frente a variação de salinidade entre os períodos BS e AS. Os parâmetros ϕP_0 e PI_{ABS} apresentaram maiores valores em BS. A intensidade de fluorescência mínima foi maior em AS. A salinidade não alterou significativamente o índice de desempenho total, medindo o desempenho até os aceptores finais de elétrons do FSI (PI_{TOTAL}).

Tabela 3. Efeito da salinidade sobre a intensidade de fluorescência mínima a 0,02 ms (F_0), rendimento quântico máximo fotoquímico primário ϕP_0 e Índice de desempenho para conservação de

energia para redução dos aceptores de elétrons do intersistema PI_{ABS} , o índice de desempenho total, medindo o desempenho até os aceptores finais de elétrons do FSI (PI_{TOTAL}) do manguezal localizado sobre um *beachrock* da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, entre os meses de fevereiro de 2019 a janeiro de 2020. A média de baixa salinidade (BS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de maio, julho e novembro. A média de alta salinidade (AS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de janeiro, fevereiro e abril. Letras diferentes representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente. Valores indicados após \pm representam o desvio padrão da média.

Variável	<i>Avicennia schaueriana</i>	
	BS	AS
F_0 (Unidade relativa)	464,26 \pm 56,46 b	501,11 \pm 26,55 a
ΦP_0 (Unidade relativa)	0,78 \pm 0,01 a	0,75 \pm 0,03 b
PI_{abs} (Unidade relativa)	15,79 \pm 5,03 a	11,16 \pm 4,99 b
PI_{total} (Unidade relativa)	17,69 \pm 6,41 a	14,82 \pm 3,61 a

Os parâmetros que refletem os fluxos específicos de energia por centro de ração (Figura 10) apresentaram resposta significativa ($p < 0,05$) em relação aos períodos de salinidade distintas. Os maiores valores foram registrados em AS.

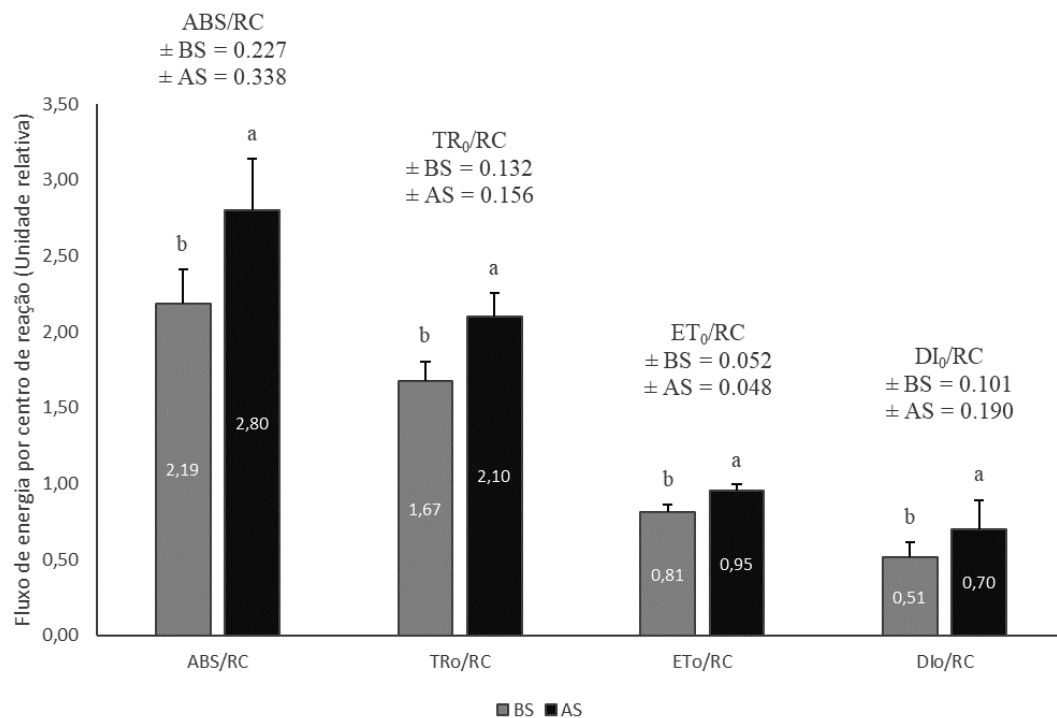


Figura 10. Valores médios dos fluxos específicos de energia de absorção por CR ou tamanho efetivo da antena de um CR ativo (ABS/RC), de energia capturado por CR em $t = 0$ (TR₀/RC), de

transporte de elétrons por CR em $t = 0$ (ET_0/RC) e de dissipação de um CR ativo (DI_0/RC) do manguezal localizado sobre um *beachrock* coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, entre os meses de Fevereiro de 2019 a Janeiro de 2020. A média de baixa salinidade (BS) corresponde aos valores coletados nas campanhas de maio, julho e novembro. A média de alta salinidade (AS) corresponde à os valores coletados nas campanhas de janeiro, fevereiro e abril. Letras diferentes a cima das colunas representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente e \pm representa o desvio padrão da média.

Os parâmetros que refletem os fluxos específicos de energia por seção transversal (Figura 11) apresentaram resposta significativa em relação aos períodos de salinidade distintas, com exceção do fluxo fenomenológico do transporte de elétrons por secção transversal (ET_0/CS_0). Os dados apontam para maior ($p < 0,05$) inativação dos centros de reação por secção transversal (RC/CS_0) no período de AS.

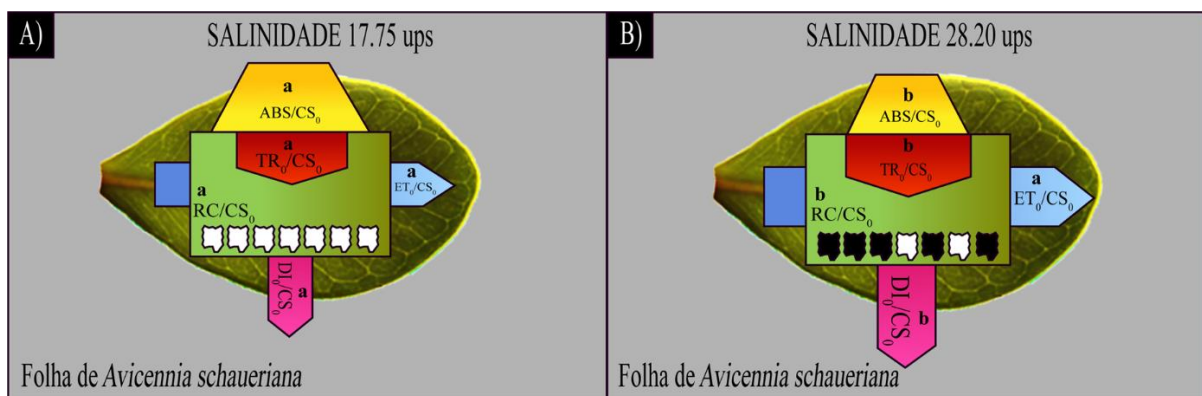


Figura 11. Modelo de *Pipeline* de fluxo de energia por secção transversal. Efeito da salinidade sobre o fluxo fenomenológico de absorção por seção transversal (ABS/CS_0), de captura por seção transversal (TR_0/CS_0), de transporte de elétrons por seção transversal (ET_0/CS_0), de dissipação por seção transversal (DI_0/CS_0) e nos Centros de reação ativos (representação molecular de uma porfirina branca) por seção transversal (RC/CS_0) do manguezal localizado sobre um *beachrock* coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, entre os meses de Fevereiro de 2019 a Janeiro de 2020. A média de baixa salinidade (17,75 ups) corresponde aos valores coletados nas campanhas de maio, julho e novembro. A média de alta salinidade (28,20 ups) corresponde aos valores coletados nas campanhas de janeiro, fevereiro e abril. Letras diferentes a cima das colunas representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente.

4.4 Atividade antioxidante contra o radical superóxido

Os valores da atividade antioxidante contra o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$), obtidos através da média de cinco amostras foliares de *A. schaueriana* (Figura 12), demonstram o aumento da salinidade reduziu a atividade antioxidante.

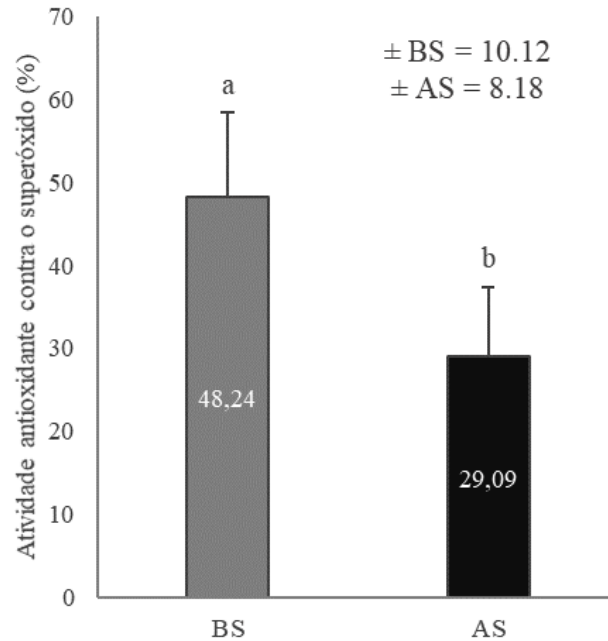


Figura 12. Valores médios da atividade antioxidante contra o radical superóxido no manguezal localizado sobre um *beachrock* coletados na zona de entre maré da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas. A média de baixa salinidade (BS) corresponde aos valores coletados na campanha de julho de 2019. A média de alta salinidade (AS) corresponde aos valores coletados na campanha de fevereiro de 2019. Letras diferentes a cima das colunas representam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os períodos. Letras iguais não diferem entre si significativamente e \pm representa o desvio padrão da média.

5 DISCUSSÃO

O *beachrock* do presente estudo está sujeito as variações que a dinâmica climática pode causar sobre os ecossistemas costeiros. O aumento da temperatura, associado diretamente a emissão de gases do efeito estufa, na atmosfera, pode desencadear a ampliação da salinidade, devido a alta da evaporação (COSTA et al. 2006; NOBRE, 2013).

O debate à cerca das mudanças climáticas vem ganhando forças desde o início da década de 90 com a UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), que estabelece protocolos, que países signatários devem cumprir para amenizar os efeitos das supressões ambientais pretéritas e mitigar futuras. Dentre os efeitos, está a manutenção das

mudanças climáticas, onde os países signatários do acordo de Paris, se comprometem com uma redução de temperatura de 1,5°C a baixo dos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2016).

Destaco, um aspecto diferente do que é esperado em análises de ups em estações chuvosas distintas. O período de AS, comumente chuvoso, expressou uma salinidade 37,05% maior que o período de menor precipitação BS. Advertindo a possibilidade de verões mais quentes, serem os responsáveis pela adição do parâmetro: salinidade. Essa afirmação se dá pela observação da série histórica de temperatura em Aracruz/ES, que traz os meses de janeiro, fevereiro e abril, com temperaturas mais elevadas que maio, julho e novembro (INCAPER, 2021).

Em resposta à maior salinidade observado no *beachrock*, *A. schaueriana* apresentou um aumento significativo de F_0 (0,02 ms). Esse parâmetro reflete o momento em que a Q_A está totalmente oxidada e os CRs estão abertos. Se relacionando, assim, a resposta inicial dos centros de reação (CRs) do fotossistema II, que após serem condicionados ao escuro, são reduzidos através de um pulso energia luminosa (MOUGET; TREMBLIN, 2002; BAKER; ROSENQVIST, 2004). O aumento desse valor em resposta a salinidade pode refletir danos aos CRs do FSII (BAKER; ROSENQVIST, 2004). A inativação dos CRs, inferida pela redução de RC/C_{s0} em AS, reafirma que o aumento da salinidade inativou as moléculas de clorofila *a* dos CRs, resultando no aumento da fluorescência inicial (BAKER; ROSENQVIST, 2004; BAKER, 2008).

O estudo desenvolvido MacFarlane (2003), que submeteu plântulas de *Avicennia marina* a diferentes concentrações de zinco (Zn) por oito semanas, demonstrou um aumento de F_0 , nas concentrações mais elevadas. Apesar de Sobrado (2000) não ter observado um aumento de F_0 em *Avicennia germinans* com o aumento da salinidade, seus resultados auxiliam na inferência da influência da variação da salinidade sobre o ϕP_0 do gênero, que, assim como no *beachrock*, apresentou um valor médio de 0.75 em salinidades mais elevadas, corroborando com o estudo Pascoalini (2014), que indicou a redução de F_0 e ϕP_0 em uma área de alta salinidade do rio Aribiri. Esses resultados indicam taxas médias para a eficiência fotossintética de árvores de mangue e, portanto, não apontam estresse (BALL, 1996).

A salinidade alterou o fluxo específico de energia para a absorção por CR ou tamanho efetivo da antena de um CR ativo (ABS/RC). Segundo Mehta et al. (2010), ABS/RC reflete o total de fótons absorvidos, dividido pelo número e centros de reação ativos. Portanto, a redução de RC/C_{s0} influencia o aumento de ABS/RC. Esse aumento de ABS/RC indica que a salinidade elevada inativou as reações no lado doador de elétrons do FSII, onde o esgotamento do

complexo de evolução do oxigênio (CEO) diminui os RC redutores de Quinona A (Q_A) (STRASSER et al. 2000; OUKARROUM et al. 2015).

O fluxo específico de energia capturado por CR em $t=0$ (TR_0/RC) expressa a capacidade de um elétron excitado preso ao centro de reação reduzir a Q_A (LU; VONSHAK, 1999; LIU; WANG, 2018). Neste estudo, TR_0/RC foi influenciado pela variação da salinidade, onde, o aumento reflete uma melhor utilização dos centros de reação ativos restantes (LIU; WANG, 2018), ao passo da redução de RC/CS_0 . Essa relação, indica que o ajuste de desligamento dos centros de reação do FS II é utilizado por *A. schaueriana* para manter o ϕP_0 em valores estáveis, conferindo resiliência à espécie, mantendo o *pool* de Q_A^- mesmo sobre a variação da salinidade no *beachrock*. Falqueto et al. (2012) relatam tendências semelhantes em plantas de mangue, onde, durante o período de maré alta, em ambas as estações avaliadas, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* apresentaram maiores valores de TR_0/RC .

O aumento significativo observado na capacidade de *A. schaueriana* transportar de elétrons além da Q_A^- (transporte de elétrons por CR em $t=0$ - ET_0/RC), no período de maior salinidade, está correlacionado com os maiores valores de dissipação de um CR ativo (DI_0/RC), mostrando que, em AS, a energia é usada de maneira mais eficiente e perda de energia na forma de calor sobre maiores salinidades (TSIMILLI-MICHAEL; STRASSER, 2008; PASCOALINI, 2014; KUMAR et al. 2020).

Devido a capacidade dissipativa tanto na forma de calor, quanto na forma de fluorescência da clorofila *a*. de *A. schaueriana* em alta salinidade, observada nas informações supracitadas. Os resultados, corroboram com o estudo de Pascoalini (2014), que sobre maiores salinidades apontou maiores valores de ET_0/RC e DI_0/RC , atribuídos pelo aumento da concentração de carotenoides, componentes do ciclo das xantofilas, que através da interação entre a ligação de prótons e zeaxantina as proteínas da antena são capazes de dissipar calor (TAIZ et al. 2017).

O modelo de *Pipeline* de fluxo de energia por secção transversal, corrobora com a discussão supracitada e infere a influência da variação da salinidade sobre toda a secção transversal foliar. É importante destacar a ausência de diferença ($p<0,05$) entre ET_0/CS_0 , indicando taxas semelhantes de fluxo fenomenológico de energia para o transporte de elétrons em ambas as concentrações salinas, justificadas pelo aumento de DI_0/CS_0 .

As folhas de *A. schaueriana* apresentaram uma regulação biométrica positiva e, portanto, ganho de carbono, em relação ao aumento da salinidade, refletida nos parâmetros: LF e SF. Folhas com maiores valores de *slenderness* (SF), portanto mais delgadas, tem a capacidade de

regular sua temperatura por meio do resfriamento convectivo. Esse processo de resfriamento envolve a perda de calor através da passagem de um fluido, por exemplo a água, de um compartimento celular para outro (TNG et al. 2013). Essas alterações corroboram com os estudos de Peel et al. (2017), que apontou que salinidade influenciou o aumento da esbelteza foliar em indivíduos de *R. mangle* crescendo sobre uma área de praia em Quintana Roo - México.

As alterações supramencionadas podem ser justificadas pela capacidade da regulação do potencial hídrico (Ψ) que as halófitas possuem, onde, ao acumularem solutos em suas folhas e raízes tornam o Ψ mais negativo, permitindo a passagem da água para o meio intracelular, sem o aporte de mais solutos, no caso, NaCl (TAIZ et al. 2017). Espécies de mangue mais tolerantes a salinidade, possuem uma melhor eficiência na assimilação de carbono. Um estudo feito por Sobrado (2000) indicou que indivíduos do gênero *Avicennia sp.* apresentaram maior aptidão que *Rhizophora sp.* para assimilar carbono em alta salinidade (NAIDOO, et al. 2001).

A pesar de estudos mais aprofundados, a respeito das trocas gasosas de *A. schaueriana* nos *beachrocks*, serem necessários para o melhor entendimento da via que a energia proveniente das alterações em PI_{ABS} e ϕP_0 estão sendo utilizadas. Aqui podemos inferir uma tendência, ao relacionar o PI_{ABS} , que mesmo apresentando uma redução, pode estar indicando que, *A. schaueriana* mantém o maior investimento no ganho de carbono foliar. Propensão demonstrada, também, pelo valor normal de ϕP_0 pra plantas de mangue.

Em resposta ao período de maior salinidade no *beachrock*, *A. schaueriana* apresentou uma menor atividade antioxidante contra o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$) (Dal Prá et al. 2013). A produção de espécies reativas de oxigênio, como o radical superóxido, pode ser induzida por alguns tensores como a temperatura extrema, estresse nutricional e alta salinidade (YAN; GUIZHU, 2007). Os resultados inferem o aumento da vulnerabilidade da planta a oxidação das membranas biológicas devido ao eminente aumento da concentração de $O_2^{\cdot-}$ e redução da capacidade antioxidante (FRIDOVICH, 1976; CRUZ, 2017).

Durante o aumento da salinidade, as plantas fecham seus estômatos para evitar a perda de água. Esse mecanismo pode levar ao acúmulo de O_2 no meio intracelular (SULTANA, 1999; DABROWSKA et al., 2007). Além da fotorrespiração, o aumento da concentração de O_2 , pode desencadear a reação de Mehler, que ocorre na cadeia transportadora de elétrons no lado aceptor do fotossistema I (FSI), que por sua vez aumenta a concentração de $O_2^{\cdot-}$ (MEHLER, 1957; MAKINO et al., 2002; BARBOSA et al., 2014).

A menor atividade antioxidante em alta salinidade se relaciona com o aumento da susceptibilidade da planta a ação deletéria do $O_2^{\cdot-}$, devido a tendência que o valor de PI_{total} parece seguir, onde, mesmo não apresentando diferença estatística, pode inicialmente, estar indicando uma menor redução dos aceptores do PSI, que é capaz de desencadear o aumento da concentração de $O_2^{\cdot-}$ (MEHTA et al. 2010; TAIZ et al. 2017).

6 CONCLUSÃO

Os indivíduos de *A. schaueriana* presentes no *beachrocks*, apresentaram em resposta a variação da salinidade ajustes nos parâmetros fotossintéticos, bioquímicos e biométricos foliares. A capacidade da espécie em manter o valor de ϕP_0 , dentro do normal para plantas de mangue, mesmo com o aumento da salinidade, indica que a salinidade abaixo de 28,20 ups está dentro da faixa de tolerância e limite plástico de da espécie. O limite de resiliência de *A. schaueriana* pode estar indicado na redução da atividade antioxidante para o radical superóxido, que confere maior vulnerabilidade as membranas celulares frente a potencial ação deletéria desse elemento. O ganho de carbono, refletido pelo aumento dos parâmetros biométricos foliares, demonstra a capacidade da planta de manter o crescimento e aumentar sua capacidade dissipativa de calor, mesmo sobre o aumento do tensor. Mais estudos relacionados ao ganho de carbono são necessários.

A exposição constante a salinidade e a alta irradiação que os indivíduos de *A. schaueriana* estão sujeitos no *beachrock*, demandou da planta uma alta capacidade dissipativa, para evitar danos ao aparelho fotossintético. Nessa perspectiva, além do aumento dos parâmetros: DI_0/RC , DI_0/CS_0 e SF, o fluxo de energia nas biomembranas, indicou principalmente, um ajuste no desligamento dos centros de reação do fotossistema II da planta em alta salinidade.

Sobre o eminente efeito das mudanças climáticas, podendo desencadear o aumento da salinidade da área, em função da elevação da temperatura global. Estudos a longo prazo são necessários, a fim de estabelecer os limites plásticos da espécie ao tensor. A redução de ϕP_0 , PI_{ABS} , PI_{TOTAL} e a redução da atividade antioxidante contra o radical superóxido, em resposta ao aumento da salinidade, pode estar indicando uma tendência de a espécie estar trabalhando próximo ao seu limite fisiológico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, J. Mapa faciológico dos sedimentos superficiais da plataforma interna da porção centro-norte do estado do Espírito Santo - brasil. **Jour. Sed. Petrol.** v. 27, n. 1, p. 3-26. 1999.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biol.* v. 59, p. 89-113. 2008

BAKER, N. R., & ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of experimental botany.* v. 55, n. 403, p. 1607-1621. 2004.

BALL, M. C. Ecophysiology of mangroves. *Trees.* v. 2, n. 3, p 129-142. 1988.

BALL, M. C.; ANDERSON, J. M. Sensitivity of photosystems II to NaCl in relation to salinity tolerance. Comparative studies with thylakoids of the salt tolerant mangrove, *Avicennia marina*, and the salt-sensitive pea, *Pisum sativum*. *Functional Plant Biology*, v. 13, n. 5, p. 689-698. 1986.

BARBIER, E.B. The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Mar. Pollut. Bull.* v.109, n. 2, p. 676-681, 2016.

BARBOSA, M. R., SILVA, M. M. D. A., WILLADINO, L., ULISSES, C., & CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. *Ciência Rural*, v. 44, n. 3, p. 453-460. 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 118, de 22 de novembro de 2010. Cria o Conselho Consultivo da Área de Proteção Ambiental da Costa das Algas - ES. *Diário Oficial da União*. Brasília. 2010. n.223, seção I, p. 115.

BRICKER, O. P., & MACKENZIE, F. T. *Carbonate cements*. 1. Ed. Baltimore: Johns Hopkins University. 1971.

CRUZ, D. B. D. Atividade antioxidante e citotoxicidade de plantas do Campo Rupestre brasileiro: *Gomphrena arborescens* Lf, *Gomphrena virgata* Mart., *Miconia ferruginata* DC. e *Vochysia elliptica* Mart. 2017.

DAŹBROWSKA, G., KATA, A., GOC, A., SZECHYŃSKA-HEBDA, M., & SKRZYPEK, E. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. *Acta Biologica Cracoviensia*, v.49, n.1, p.7-17, 2007.

DAL PRÁ, V. ET AL. Supercritical CO₂ extraction, chemical characterization and antioxidant potential of *Brassica oleracea* var. *capitata* against HO•, O₂•- and ROO. *Food Chemistry*, v.141, n. 4, p. 3954- 3959, 2013.

DALONGEVILLE, R., & SANLAVILLE, P. Essai de synthèse sur le beach-rock. **MOM Éditions**. v. 8, n. 1, p. 161-167. 1984.

DARWIN, C. On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the coast of Brazil. **Philosophical Magazine Series 3**. v. 19, n. 124, p. 257-260. 1841.

FALQUETO, A. R., DOS SANTOS, P. N., FONTES, R. V., & SILVA, D. M. Analysis of chlorophyll a fluorescence of two mangrove species of Vitória Bay (ES, Brazil) to natural variation of tide. **Revista Biociências**, v. 18, n. 2. 2012.

FRIDOVICH I. Free radical in biology. New York: Academic Press, 1976. 239.

HOLAIL, H. M., SHAABAN, M. N., & MANSOUR, A. S. Cementation of Holocene *beachrock* in the Aqaba and the Arabian Gulfs: comparative study. **Carbonates and Evaporites**. v. 19, n. 2, p. 142. 2004.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centrais de conteúdo: **Atlas dos manguezais do Brasil**. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/atlas-dos-manguezais-do-brasil-pdf/view>. Acesso em: 17 de março de 2021.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER (INCAPER). Temperatura Máxima. INCAPER coordenação de meteorologia. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/temperatura-de-temperatura-maxima#prettyPhoto> Acesso em: 18 de maio de 2021.

JÚNIOR, A. V. F., DE MEDEIROS ARAÚJO, T. C., & COLTRINARI, L. Ambientes de formação, processos de cimentação de arenitos de praia e indicadores de variações do nível do mar. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 4, n. 5, p. 938-960. 2012.

KNEALE, D., & VILES, H. A. Beach cement: incipient CaCO₃-cemented *beachrock* development in the upper intertidal zone, North Uist, Scotland. **Sedimentary Geology**. v. 132, n. (3-4), p. 165-170. 2000.

KRAUSE, G. H., & WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual review of plant biology**. v. 42, n. 1, p. 313-349. 1991.

KRUMBEIN, W. E. Photolithotropic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to *beachrock* formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai). **Geomicrobiology Journal**. v. 1, n. 2, p. 139-203. 1979.

KUMAR, D., SINGH, H., RAJ, S., & SONI, V. Chlorophyll a fluorescence kinetics of mung bean (*Vigna radiata* L.) grown under artificial continuous light. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v. 24, p. 100813, 2020.

LICHTENTHALER, H. K., BUSCHMANN, C., RINDERLE, U., & SCHMUCK, G. Application of chlorophyll fluorescence in ecophysiology. **Radiation and environmental biophysics**. v. 25, n. 4, p. 297-308. 1986.

LOPES, D. M. S., TOGNELLA, M. M. P., FALQUETO, A. R., & SOARES, M. L. G. Salinity variation effects on photosynthetic responses of the mangrove species *Rhizophora mangle* L. growing in natural habitats. **Photosynthetica**, v. 57, n. 4, p. 1142-1155. 2019.

LU, C., & VONSHAK, A. Photoinhibition in outdoor *Spirulina platensis* cultures assessed by polyphasic chlorophyll fluorescence transients. **Journal of Applied Phycology**, v. 11, n. 4, p. 355-359. 1999

LUGO, ARIEL E.; SNEDAKER, SAMUEL C. The ecology of mangroves. **Annual review of ecology and systematics**. v. 5, n. 1, p. 39-64. 1974.

MAKINO, A., MIYAKE, C., & YOKOTA, A. Physiological functions of the water–water cycle (Mehler reaction) and the cyclic electron flow around PSI in rice leaves. **Plant and Cell physiology**, v. 43, n. 9, p. 1017-1026. 2002.

MEHLER, A. H. Studies on reactions of illuminated chloroplasts: I. Mechanism of the reduction of oxygen and other hill reagents. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 33, n. 1, p. 65-77. 1951.

MEHTA, P., JAJOO, A., MATHUR, S., & BHARTI, S. Clorofila um estudo de fluorescência revelando os efeitos do alto estresse salino no fotossistema II em folhas de trigo. **Plant Physiology and biochemistry**. v. 48, n. 1, p. 16-20. 2010.

MORAIS, R. M. O. **Sistemas fluviais terciários na área emersa da Bacia do Espírito Santo (Formações Rio Doce e Barreiras)**. 2007. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MOUGET, J.-L., & TREMBLIN, G. Suitability of the Fluorescence Monitoring System (FMS, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, v. 74, n. 3, p. 219-231. 2002.

NAIDOO, G., TUFFERS, A. V., & VON WILLERT, D. J. Changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence characteristics of two mangroves and a mangrove associate in response to salinity in the natural environment. **Trees**, v. 16, n. 2-3, p. 140-146. 2002

NOBRE, P. Aquecimento global, oceanos & sociedade. **InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, 2011.

OUKARROUM, A., BUSSOTTI, F., GOLTSEV, V., & KALAJI, H. M. Correlation between reactive oxygen species production and photochemistry of photosystems I and II in *Lemna gibba* L. plants under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 109, p. 80-88. 2015

PASCOALINI, S. S. Eficiência fotossintética de manguezais na Baía de Vitória, ES (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Ambiental, UFES). 2014

RICKLEFS, R. E., & SCHLUTER, D. Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. **Global patterns of diversity in mangrove florae**. 1. ed. Chicago: Imprensa da Universidade de Chicago. 1993. 216p.

RUSSELL, R. J., & MCINTIRE, W. G. Southern hemisphere beach rock. **Geographical Review**. v. 55, n. 1, p. 17-45. 1965.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Atlas dos manguezais. **Mangue em manguezal**. 1. ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. 17p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. COELHO-JÚNIOR C. Atlas dos manguezais. **Onde vivem os manguezais e porque são tão importantes**. 1. ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. 30p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais brasileiros: região sudeste-sul. **Anais do Simpósio sobre ecossistemas brasileiros da costa sul e sudeste: síntese dos conhecimentos, Cananéia, São Paulo**. ACIESP, Cananéia, São Paulo, v. 1, p. 78. 1987.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., & CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal estrutura, função e flora**. 1. ed. São Paulo: Caribbean Ecological Research. 1986. 150p.

SOARES, M. L. G. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudoeste do Brasil – Análise de modelos**. 1997. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOBRADO, M. A. Leaf photosynthesis of the mangrove *Avicennia germinans* as affected by NaCl. **Photosynthetica**, v. 36, n. 4, p. 547-555. 2000.

SPALDING, M., BLASCO, F., & FIELD, C. **World mangrove atlas**. 1. ed. Londres: UNEP-WCMC, Cambridge. 1997.

SPALDING, M., KAINUMA, M., & COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves**. 1. ed. Londres: Earthscan. 2010.

STRASSER, B.J; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: MATHIS, P. (Ed.). *Photosynthesis: from light to biosphere*. **Dordrecht: Kluwer Academic Publisher**. p. 977- 980. 1995.

STRASSER, R. J.; SRIVASTA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The Fluorescence Transiente As A Tool To Characterize And Screen Photosynthetic Samples. In: Yunus, M.; Pathre, U.; Mohanty, P. (Ed.) *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation*. **Taylor and Francis**, London, p. 443-480. 2000

SULTANA, N., IKEDA, T., & ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, n. 3, p. 211-220. 1999.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., & MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, 2017.

TNG D. Y. P, JORDAN G. J, BOWMAN D.M.J.S. Plant Traits Demonstrate That Temperate and Tropical Giant Eucalypt Forests Are Ecologically Convergent with Rainforest Not Savanna. **PLoS ONE**. v. 8, n. 12. 2013.

TOMLINSON, P. B. (1986). **The Botany of Mangroves**. 1. ed. Londres: Cambridge University Press, Cambridge. 1986. 413p.

TSIMILLI-MICHAEL, M., & STRASSER, R. J. In vivo assessment of stress impact on plant's vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of mycorrhization on host plants. In: *mycorrhiza*. **Springer**, Berlin, Heidelberg, p. 679-703. 2008.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). 2015. Paris Agreement. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

VALE, C. C.; FERREIRA, R. D. Os manguezais do litoral do Estado do Espírito Santo. **Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. São Paulo, ACIESP. p. 88-94. 1998.

VOUSDOUKAS, M. I., VELEGRAKIS, A. F., & PLOMARITIS, T. A. *Beachrock* occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. **Earth-Science Reviews**. v. 85, n. (1-2), p. 23-46. 2007.

WANG, W., XU, L., YOU, S., LIU, C., & WANG, M. Daily salinity fluctuation alleviates salt stress on seedlings of the mangrove *Bruguiera gymnorhiza*. **Hydrological Processes**. v. 39, n. 11, p 2466-2476. 2020.

WOODROFFE, C., ROBERTSON, A., & ALONGI, D. Tropical Mangrove Ecosystems. **Mangrove sediments and geomorphology**. 1. ed. Washington: American Geophysical Union. 1942. 14p.

YAN, L., & GUIZHU, C. Physiological adaptability of three mangrove species to salt stress. **Acta Ecologica Sinica**, v. 27, n. 6, p. 2208-2214. 2007.