

INFLUÊNCIA DAS FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E PERÍODO DO ANO NA
FOTOSSÍNTESE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS JOVENS EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA

AMANDA LÚCIA PEREIRA MACHADO DA SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO –
UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

FEVEREIRO – 2021

INFLUÊNCIA DAS FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E PERÍODO DO ANO NA
FOTOSSÍNTESE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS JOVENS EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA

AMANDA LÚCIA PEREIRA MACHADO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Centro de
Biociências e Biotecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro -
UENF, como parte das exigências necessárias
para a obtenção do título de Mestra em Ecologia
e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Angela Pierre Vitória

Coorientador: Dr. José Luiz Alves Silva

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

FEVEREIRO – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S586

Silva, Amanda Lúcia Pereira Machado da.

INFLUÊNCIA DAS FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E PERÍODO DO ANO NA FOTOSSÍNTESE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS JOVENS EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA / Amanda Lúcia Pereira Machado da Silva. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

67 f. : il.

Bibliografia: 51 - 65.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2021.

Orientadora: Angela Pierre Vitoria.

1. Topografia. 2. Eficiência fotoquímica. 3. Restauração ecológica. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

INFLUÊNCIA DAS FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E PERÍODO DO ANO NA
FOTOSSÍNTESE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS JOVENS EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ATLÂNTICA

AMANDA LÚCIA PEREIRA MACHADO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biotecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro -
UENF, como parte das exigências necessárias
para a obtenção do título de Mestra em Ecologia
e Recursos Naturais.

Comissão Examinadora:



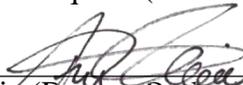
Pablo José Francisco Pena Rodrigues (Dr. Biotecnologia e Biotecnologia) – JBRJ



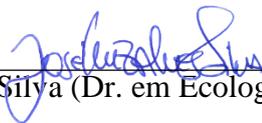
Dayvid Rodrigues Couto (Dr. em Botânica) - UENF



Antelmo Ralph Falqueto (Dr. em Fisiologia Vegetal) - UFES



Angela Pierre Vitória (Dr. em Biologia Vegetal) – UENF (Orientadora)



Dr. José Luiz Alves Silva (Dr. em Ecologia) – UENF (Coorientador)



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

DECLARAÇÃO

Eu, Marina Satika Suzuki, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), seguindo a Resolução CPPG nº2 de 2021, declaro validadas as assinaturas constantes da Folha de Assinaturas da Dissertação intitulada “**Influência das faces de exposição solar e período do ano na fotossíntese de indivíduos arbóreos jovens em área de restauração da floresta atlântica**” de autoria de Amanda Lúcia Pereira Machado da Silva, defendida no dia 25 de fevereiro de 2021.

Campos dos Goytacazes, 07 maio de 2021

Marina Satika Suzuki
Coordenadora PPG-ERN / UENF
ID. Funcional 641333-1



Documento assinado eletronicamente por **Marina Satika Suzuki, Coordenadora**, em 09/05/2021, às 10:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento nos art. 21º e 22º do [Decreto nº 46.730, de 9 de agosto de 2019](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.fazenda.rj.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=6, informando o código verificador **16736771** e o código CRC **6E81CC2A**.

Referência: Processo nº SEI-260009/002124/2021

SEI nº 16736771

Avenida Alberto Lamego, 2000, - Bairro Pq. Califórnia, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28013-602
Telefone: - www.uenf.br

Todas as coisas foram feitas por intermédio dele; sem ele, nada do que existe teria sido feito (João 1:3).

AGRADECIMENTOS

As mudanças de etapas não são fáceis, a luta desde o começo do mestrado foi árdua, entretanto, pude contar com pessoas que sempre me sustentaram e são à elas que eu deixo os meus sinceros agradecimentos. Primeiramente agradeço a Deus por ter chegado até aqui, à minha família, em especial minha mãe que sempre esteve presente. A minha orientadora Angela pelos conhecimentos passados e pelas diversas orientações, tanto profissional quanto pessoal, o meu muito obrigada! Sempre levarei comigo seus ensinamentos. Ao meu coorientador Luiz “salvador da estatística” que sempre esteve à disposição me ajudando, com os seus conhecimentos. Ao Professor Eliemar por todo o suporte que precisei ao longo da dissertação.

Aos meus amigos Raquel e Elvim, meus amigos e irmãos em Cristo que sempre me ajudaram com sábias palavras e orações. Ao meu companheiro e amigo Jonathan Reis, que além de ser amigo, me ajudou muito durante o período deste mestrado.

A minha companheira de campo, laboratório e república Dona Queila, que muito me ajudou e só ela sabe como era gratificante chegar da coleta dos dados no campo e esperar o vendedor passar na reserva para comprar bolo de pote.

Ao Mario que sempre esteve ao meu lado se fazendo presente, instruindo-me a nunca desistir dos meus sonhos.

Agradeço ao grupo do laboratório que sempre esteve presente com suas críticas construtivas, a colaboração de cada um foi imensamente importante em minha formação. À CAPES pelo apoio e disponibilidade da bolsa para execução desta dissertação. À UENF e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais e pelo suporte e equipamentos. Agradeço à Associação Mico Leão Dourado por ter cedido o espaço para a realização desta dissertação e pelo apoio do Mateus e do Carlos nas coletas de campo. Agradeço ao Lucas por várias vezes ter me auxiliado no programa R.

Aos meus avós que já não estão mais presentes fisicamente, porém sempre estarão em meu coração, essa vitória é nossa!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das espécies estudadas na área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé Silva Jardim, RJ.28

Tabela 2. Média \pm desvio padrão da concentração de pigmentos fotossintéticos (nmol.cm^{-2}) de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte e sul durante o período seco e chuvoso, em área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé Silva Jardim, RJ. Letras maiúsculas e minúsculas comparam os períodos e faces, respectivamente. Diferentes letras indicam diferença estatística ($P < 0.05$), destacadas em cinza quando significativas..... 34

Anexo 1. Média e desvio padrão dos atributos analisados de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica em área de restauração florestal na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Maiores valores foram representados na cor azul e menores valores representados na cor cinza..... 66

Anexo 2. Valores de r e P da correlação de Pearson entre os atributos quenching não-fotoquímico (NPQ) e concentração de carotenóides em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte e sul durante o período chuvoso (dezembro de 2019) em área de restauração florestal na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). - ausência de análise..... 67

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados climatológicos da média de precipitação total mensal e temperatura média mensal: Estação automática de Silva Jardim – RJ (gráfico cedido por Queila Costa dos Santos).....25
- Figura 2.** Morrote com a distribuição das espécies na área de trabalho em área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ. Pontos amarelos e verdes correspondem, respectivamente, as faces sul e face norte. (Cedido por Carlos Alvarenga).....26
- Figura 3.** Espécies nativas da Floresta Atlântica estudadas na área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ. A. *Ceiba speciosa*, B. *Genipa americana*, C. *Cecropia glaziovii*, D. *Cytharexylum myrianthum*, E. *Cordia superba*, F. *Schinus terebinthifolia*, G. *Schizolobium parahyba* e H. *Vitex polygama*. (Imagens A e F foram cedidas por Queila Costa dos Santos)27
- Figura 4.** Área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ no início de 2019. 27
- Figura 5.** Imagens das análises da fluorescência da clorofila *a* e da extração de pigmentos fotossintéticos. Clips foliares no momento de adaptação ao escuro (A), medição das variáveis da fluorescência da clorofila com o uso do fluorímetro modulado portátil FMS2 (B), tudo plástico tipo *eppendorf* contendo 1 mL de solvente orgânico (dimetilsulfóxido, DMSO) e um disco foliar para posterior análises no espectrofotômetro (C) e medição do teor de cor verde com o uso do SPAD (D)30
- Figura 6.** Distribuição dos valores do índice de plasticidade durante o período seco e chuvoso para a concentração de pigmentos fotossintéticos ($\text{nmol}\cdot\text{cm}^{-2}$) e teor de cor verde em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (cinza) e sul (branco)..... 37
- Figura 7.** Distribuição dos valores do quenching não-fotoquímico (NPQ) (A) e do quenching fotoquímico (qP) (B) de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (branco) e sul (cinza) durante o período chuvoso. Círculos fechados representam *outliers*. Asterisco (*) representa diferença significativa entre as faces ($P < 0.05$)..... 38
- Figura 8.** Distribuição dos valores de atributos da fluorescência da clorofila *a* referente a F0/FM (A), FV/FM (B) e FV/F0 (C) de indivíduos nas faces e períodos de estudo. Letras maiúsculas e minúsculas comparam os períodos e faces, respectivamente. Diferentes letras indicam diferença estatística ($P < 0.05$). Linhas tracejadas representam a faixa de valores ótimos para estes atributos. Círculos fechados representam *outliers*.....40
- Figura 9.** Distribuição dos valores do índice de plasticidade durante o período seco (agosto de 2019) e chuvoso (dezembro de 2019) para a concentração de atributos da fluorescência da clorofila *a* em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (cinza) e sul (branco).41

LISTA DE ABREVIACOES

FA = Floresta Atlântica

FV/FM = Rendimento quântico máximo do fotossistema II

FV/F0 = Eficiência do fotossistema II

F0/FM = Rendimento quântico basal de processos não fotoquímicos no fotossistema II

qP= Quenching fotoquímico

NPQ= Quenching não fotoquímico

DMSO = Dimetilsufóxido

IP = Índice de plasticidade fenotípica

Clorofila a/b = Relação clorofila a/ clorofila b

FSI= Fotossistema 1

FSII = Fotossistema 2

RESUMO

A Floresta Atlântica (FA) é um dos biomas prioritários para a conservação, apresenta muitas espécies endêmicas e atualmente apenas cerca de 28% de sua área apresenta cobertura com espécies nativas. Assim, são necessárias medidas eficazes para a sua recuperação por intermédio de técnicas de restauração ecológica. Para um maior sucesso dessa medida é importante a escolha de espécies resistentes aos estresses iniciais da restauração. A qualidade, duração e intensidade da irradiância influenciam o desempenho das espécies, principalmente na fase inicial. A irradiância pode ser influenciada pela topografia, pois no hemisfério sul a face sul de morrotes recebe menos irradiância do que a face norte. Assim, a sazonalidade climática tem importante papel, uma vez que a restrição hídrica em sinergia com outros fatores como alta temperatura e irradiância podem limitar a fotossíntese. O objetivo deste estudo foi avaliar como a face de exposição solar e o período do ano afetam a eficiência fotoquímica de indivíduos juvenis de oito espécies nativas da FA no início do plantio. O estudo foi realizado em uma área de restauração na Fazenda Igarapé, município de Silva Jardim, RJ. Foram avaliados os atributos associados à emissão da fluorescência da clorofila *a* e pigmentos fotossintéticos nas faces (norte e sul) e nos períodos (seco e chuvoso). Os atributos de fluorescência foram mais responsivos aos períodos do que a composição de pigmentos fotossintéticos, com valores indicativos de estresse no período seco. Isto sugere que a baixa disponibilidade hídrica refletiu em um menor rendimento da eficiência fotoquímica para várias espécies. A espécie mais plástica, *Genipa americana* apresentou um dos menores valores para FV/FM no período seco, sugerindo menor eficiência fotoquímica em baixa disponibilidade hídrica, o oposto foi observado para a espécie menos plástica, *Schinus terebinthifolia*. Carotenóide foi o pigmento mais responsivo às diferenças de faces para *Ceiba speciosa*, *Citharexylum mirianthum*, *Cordia superba* e *Vitex polygama*, com maiores valores na face norte, sugerindo que as plantas investiram em recursos para minimizar o dano da fotoinibição na maquinaria fotossintética devido ao excesso da intensidade de irradiância nessa face. Nossos dados indicam que plantios em morrotes devem levar em consideração as espécies a serem plantadas, tendo em vista a escolha de espécies mais resistentes a fotoinibição na face norte mais ensolarada.

Palavra-chave: Topografia, eficiência fotoquímica, restauração ecológica.

ABSTRACT

The Atlantic Forest (FA) is one of the priority biomes for conservation, has many endemic species and currently only about 28% of its area is covered with native species. Thus, effective measures are needed for their recovery through ecological restoration techniques. For greater success of this measure, it is important to choose species that are resistant to the initial stresses of the restoration. The quality, duration and intensity of the irradiance influence the performance of the species, mainly in the initial phase. The irradiance can be influenced by the topography, because in the southern hemisphere the south face of morrotes receives less irradiance than the north face. Thus, climatic seasonality plays an important role, since water restriction in synergy with other factors such as high temperature and irradiance can limit photosynthesis. The aim of this study was to evaluate how the face of sun exposure and the period of the year affect the photochemical efficiency of juvenile individuals of eight native species of AF at the beginning of planting. The study was carried out in a restoration area at Fazenda Igarapé, municipality of Silva Jardim, RJ. The attributes associated with the emission of fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments on the faces (north and south) and in the periods (dry and rainy) were evaluated. The fluorescence attributes were more responsive to the periods than the composition of photosynthetic pigments, with values indicative of stress in the dry period. This suggests that the low water availability reflected in a lower yield of photochemical efficiency for several species. The most plastic species, *Genipa americana* presented one of the lowest values for FV / FM in the dry period, suggesting lower photochemical efficiency in low water availability, the opposite was observed for the less plastic species, *Schinus terebinthifolia*. Carotenoid was the most responsive pigment to face differences for *Ceiba speciosa*, *Citharexylum mirianthum*, *Cordia superba* and *Vitex polygama*, with higher values on the north side, suggesting that plants invested in resources to minimize the damage caused by photoinhibition in photosynthetic machinery due to the excess of intensity of irradiance on that face. Our data indicate that planting in hills should take into consideration the species to be planted, in view of the choice of species that are more resistant to photoinhibition on the sunniest north face.

Keyword: Topography, photochemical efficiency, ecological restoration.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 Restauração ecológica da Mata Atlântica..... | 14 |
| 1.2 Influência da sazonalidade e topografia na irradiância e desempenho fotossintético | 18 |
| 1.3 Influência da irradiância na plasticidade fenotípica..... | 21 |
| 2 OBJETIVO GERAL..... | 22 |
| 2.1 Objetivos específicos | 23 |
| 3 HIPÓTESES | 23 |
| 4 METODOLOGIA..... | 23 |
| 4.1 Área de estudo e seleção das espécies | 23 |
| 4.2 Avaliação das características fisiológicas..... | 29 |
| 4.2.1 Fluorescência da clorofila a | 29 |
| 4.2.2 Concentrações dos pigmentos fotossintéticos..... | 30 |
| 4.2.3 Teor de cor verde (SPAD) | 31 |
| 4.2.4 Índice de plasticidade fenotípica (IP) | 32 |
| 4.3 Análises estatísticas | 32 |
| 5 RESULTADOS | 33 |
| 6 DISCUSSÃO..... | 42 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 50 |
| 8 REFERÊNCIAS | 51 |
| 9 ANEXOS..... | 66 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Restauração ecológica da Mata Atlântica

Atividades antrópicas são responsáveis por grandes perdas de biodiversidade devido à degradação e fragmentação de habitats, introdução de espécies exóticas, entre outros fatores (Cabral e Fiszon, 2004). Como resultado, vários estudos técnico-científicos e medidas práticas para a preservação e conservação dos biomas vêm sendo implementados (Wiens, 1996; Soares *et al.* 2004; Silva, 2006). A restauração ecológica representada por plantios (que também são sistemas antrópicos) surgiu na década de 70 como medida de recuperação de áreas perturbadas e manutenção de processos ecossistêmicos essenciais tal como estoque de carbono (Silva, 2006, Almeida, 2016). A restauração ecológica tem se tornado uma área de estudo bastante interdisciplinar ao adotar, por exemplo, conhecimentos da ecofisiologia vegetal, a fim de aprimorar seu arcabouço teórico e resultados práticos em campo (Grossnickle, 2018).

O conhecimento sobre a ecofisiologia das espécies assim como de suas preferências de habitat permite a identificação de espécies resistentes para a utilização em programas de restauração (Chazdon *et al.* 2010). No início de um plantio é frequente o uso de espécies dos estádios iniciais de sucessão (pioneiras e secundárias iniciais) pelo fato de serem mais resistentes as condições abióticas iniciais de um processo de sucessão ecológica (Bazzaz; Pickett, 1980). Contudo, existem variações intraespecíficas e interespecíficas em um mesmo grupo sucessional devido a fatores genéticos e ao local de origem da planta (Miner *et al.* 2005). Estas diferenças são frequentemente avaliadas em termos de incremento de biomassa, sobrevivência e crescimento quando aplicadas à restauração (Miner *et al.* 2005). Contudo, diferenças na ecofisiologia das espécies ainda são pouco exploradas, uma vez que muitos estudos são pontuais com apenas uma espécie

estudada, embora o desempenho ecofisiológico confira os ajustes necessários para sobreviver as condições iniciais da restauração ecológica (Münzbergová *et al.* 2020).

A Floresta Atlântica (FA) é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano e se estende principalmente pela costa litorânea brasileira, mas também com partes menores no leste do Paraguai e no nordeste da Argentina (Scarano, 2002; Vitória *et al.* 2019). A área de cobertura vegetal atual foi estimada em 28% da extensão original, sendo 26% de formações florestais nativas ou plantios e os outros 2% de ecossistemas associados (Rezende *et al.* 2018). Estima-se que 49,5% das angiospermas (total de 15.001 espécies) são endêmicas da Mata Atlântica (Zappi *et al.* 2015). Isto coloca a Mata Atlântica como um dos 36 hotspots de biodiversidade do planeta (Myers *et al.* 2000), bem como um dos três *hotspots* mais vulneráveis e ameaçados pelas mudanças climáticas (Bellard *et al.* 2014). A Floresta Atlântica apresenta inúmeros programas de proteção integral, entretanto, os processos de restauração não são voltados exclusivamente ao reflorestamento, mas em reestabelecer os processos ecológicos originais (Suding, 2011).

O entendimento dos processos fisiológicos e da interação destes com o ambiente circundante oferecem segurança ao processo de restauração, minimizando seus custos, potencializando o sucesso do estabelecimento das plantas e, possivelmente acelerando os resultados finais da restauração (Almeida, 2006). Devido a importância do sucesso do estabelecimento das plantas no projeto de restauração, faz-se importante estudos a respeito dos efeitos das variações microclimáticas sobre a fotossíntese, o que pode ser avaliado através de índices de eficiência fotoquímica (Münzbergová *et al.* 2020). Uma vez conhecendo como os fatores ambientais, principalmente os abióticos, afetam a eficiência fotoquímica poderão ser realizadas escolhas mais coerentes de quais espécies são mais resistentes, garantindo um maior sucesso do plantio (Dalastra *et al.* 2014).

Sendo assim é importante a caracterização da ecologia das espécies deste estudo (Chazdon *et al.* 2010). *Ceiba speciosa* arbórea nativa do Brasil que abrange diversos tipos de vegetação (tabela 1) (Carvalho-Sobrinho, 2020), é polinizada por borboletas, beija-flores, besouros e morcegos, e a sua semente são envoltas por paina o que auxilia na dispersão anemocórica (Carvalho, 2003). Assim, esta espécie tem sido considerada uma das espécies chaves para a reconstituição de matas ciliares como também em espaços degradados, uma vez que a mesma apresenta um rápido crescimento (Carvalho, 2003). *Genipa americana* apresenta ampla distribuição (tabela 1) (Gomes, 2020), sendo secundária tardia com características de clímax (Carvalho, 1994) e possui grande relevância ecológica pelos seus frutos serem consumidos pela fauna e sua dispersão conseqüentemente se dá por aves, mamíferos, répteis e peixes (Carvalho, 2008; Donatti *et al.* 2011). É comumente encontrada em áreas mais úmidas e inundadas por alguns períodos ou permanentemente, sendo uma espécie considerada resistente para plantios de recuperação em matas ciliares e áreas brejosas (Carvalho, 2008).

Cecropia glaziovii tem uma ampla distribuição (tabela 1) (Gaglioti; Aguiar, 2020) considerada atrativa para aves (Manhães, 2001) e marsupiais (Cáceres *et al.* 2002) exercendo o papel de dispersores de sementes. Pioneira, portanto, dependendo de luz durante as fases de desenvolvimento (AlvarezBuylla; Martinez-Ramos, 1992), por tolerar alta intensidade de irradiância é utilizada em plantios de restauração em fase inicial (AlvarezBuylla; Martinez-Ramos, 1992). Assim, constitui grande parte dos remanescentes de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), predominando os estágios iniciais de regeneração (Gaglioti; Aguiar, 2020). *Citharexylum myrianthum* possui ampla distribuição (tabela 1) (O’Leary; Thode, 2020), pioneira com rápido desenvolvimento e com ótima regeneração naturais em diversos estágios de sucessão

secundária (Carvalho, 2004). Assim, é classificada para programas de reflorestamento de matas ciliares ou arborização urbana (Amaral *et al.* 2013) produzindo anualmente uma gama de flores e frutos (Souza, 2014). Compõe dispersão zoocórica (Carvalho, 2004) e polinização por beija-flores e borboletas (Andrade, 2001) contribuindo com a resiliência do ambiente.

Cordia superba é endêmica do Brasil possuindo ampla distribuição (tabela 1) (Stapf, 2020) arbórea esciófila e seletiva higrófila (Lorenzi, 1992) possui capacidade de aclimatar em ambientes luminosos contrastantes (Souza *et al.* 2009). Desta forma é bastante usada em plantios de restauração de áreas degradadas, também é comumente usada em áreas urbanas pelas suas flores serem atrativos para a fauna como as abelhas (Agostini; Sazima, 2003) enquanto seus frutos são zoocóricos (Moura *et al.* 2011). *Schinus terebinthifolia* tem bastante distribuição no Brasil (tabela 1) (Silva-Luz *et al.* 2020), como atributo ecológico é uma das espécies mais apreciadas pela avifauna (Azevedo *et al.* 2015), pioneira que resiste a situações estressantes, como solos poucos férteis e baixa disponibilidade hídrica (Neves *et al.* 2016). Não obstante, está adaptada aos ambientes com elevadas intensidades de irradiâncias (De Souza; Reis, 2018) sendo então considerada uma das plantas mais importantes e utilizadas para reflorestar e recuperar áreas degradadas (Sales *et al.* 2017).

Schizolobium parahyba apresenta ampla distribuição (tabela 1) (Romão; Mansano, 2020) possuindo alta velocidade de crescimento (podendo atingir três metros por ano) (Matheus; Lopes 2007). É uma espécie heliófila, seletiva higrófila, pioneira, pouco exigente em condições edáficas (Carvalho, 2005) e exigente quanto à luz, podendo não sobreviver em ambientes sombreados, sendo bastante utilizada em plantios de áreas degradadas (De Souza; Válio, 2001). Suas sementes são dispersas de forma anemocóricas

podendo permanecer nos solos por muitos anos, uma vez que a dormência é do tipo tegumentar (Bianchetti; Ramos, 1981; Abreu *et al.* 2014). *Vitex polygama* é uma espécie brasileira amplamente distribuída, principalmente no cerrado (tabela 1) (França, 2020) tem sido comumente usada em programas de restauração com base em sucesso de programas anteriores (Vieira, 2018). Esta espécie é polinizada por abelhas e apresenta dispersão zoocórica, contribuindo com o atrativo da fauna e assim a resiliência do ambiente (Barroso *et al.* 1999). Apresenta grande quantidade de tricomas contribuindo com a sua resistência aos estresses ambientais (Rossi, 2016).

1.2 Influência da sazonalidade e topografia na irradiância e desempenho fotossintético

A sazonalidade climática na precipitação, temperatura e irradiância estão diretamente relacionadas ao crescimento e estabelecimento das plantas (Britez, 1994). Em algumas regiões, a sazonalidade hídrica implica em períodos secos e chuvosos marcantes. A precipitação é um dos principais fatores que regulam a composição florística da paisagem (Tuomisto; Ruokolainen, 1994). Além disso, baixa disponibilidade hídrica pode ocasionar um decréscimo na fotossíntese das espécies (Gonçalves *et al.* 2005). Qualidade, intensidade e duração da irradiância influenciam o processo fotossintético, bem como altas temperaturas, o que pode resultar em baixa concentração de fotossintatos para o desenvolvimento em plantas menos resistentes (Holdaway, 1987; Galmés *et al.* 2007).

A irradiância é indispensável para o desenvolvimento das plantas, uma vez que é necessária como energia luminosa na fotossíntese. Contudo, modificações da intensidade da irradiância podem ocasionar diferentes respostas fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Atroch *et al.* 2001). A redução da disponibilidade hídrica acompanhada

do aumento na intensidade da irradiância intensificam os efeitos negativos sobre o desempenho fotossintético, independente do grupo sucessional (Porto de Carvalho *et al.* 2013). Entretanto, espécies de diferentes grupos sucessionais possuem distintas capacidades fotossintéticas e susceptibilidade à fotoinibição (Favaretto *et al.* 2011).

A capacidade aclimatativa das espécies às variações ambientais tende a uma diferença sazonal do desempenho fotossintético das plantas (Colares *et al.* 2007) e, conseqüentemente, no seu estabelecimento e desenvolvimento (Inoue; Martins, 2006). No início de um plantio, a intensidade da irradiância atua como um dos filtros ambientais, eliminando espécies menos resistentes aos estresses fotoaclimatativos, dependendo da espécie e do processo em que foram rustificadas (Close, 2012). O aumento da intensidade da irradiância pode comprometer a eficiência fotoquímica (fotoinibição) e reduzir a assimilação fotossintética do carbono, podendo reduzir o sucesso do estabelecimento da planta e podendo ocasionar até a morte do tecido fotossintético, como também do indivíduo (Markesteyn; Poorter 2009).

Em escala local, um dos fatores que mais influenciam a variação da irradiância e, conseqüentemente, as condições microclimáticas e a topografia (Moeslund *et al.* 2013), visto que a declividade do terreno influencia o ângulo da incidência da irradiância (Baver *et al.* 1972). No hemisfério sul, as vertentes de relevo voltadas para a face norte recebem uma maior intensidade de irradiância em relação às faces voltadas para o sul. Assim, no hemisfério sul, as vertentes voltadas para a face norte podem ter maior evapotranspiração potencial devido ao aumento da intensidade da irradiância, podendo também haver menor teor de umidade do solo (Corrêa, 2008). Na escala local, essa heterogeneidade espacial da irradiância pode afetar a distribuição das espécies vegetais e os atributos associados a estas espécies (Miller *et al.* 1983).

Para investigar a atividade fotossintética de forma eficaz é necessário estudar os atributos da maquinaria fotossintética, uma vez que as alterações da irradiância resultam em maiores absorvâncias de energia luminosa e transformação em energia química ou fotoinibição (Souza *et al.* 2011). Um único atributo estudado pode refletir inúmeras respostas ambientais, logo, é necessária a análise de um conjunto de atributos para fazer uma inferência mais segura de como a planta responde ao meio em que vive (Laughlin *et al.* 2010). A maior concentração de carotenóides sob alta irradiância pode estar relacionada com a fotoproteção de efeitos danosos do excesso de energia sobre o aparato fotossintético (Ottander *et al.* 1995), a depender das características de cada espécie em seu histórico evolutivo, assim algumas espécies podem ou não custear uma maior concentração de carotenóides (Ottander *et al.* 1995). Em condições de sombreamento, as plantas tendem a apresentar maiores concentrações de clorofilas para aumentar a captura da irradiância e ter um melhor aproveitamento para produção de fotoassimilados (Niinemets, 2010).

Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* refletem os processos fotoquímicos da fotossíntese. Plantas sob condições controladas ótimas de irradiância e disponibilidade hídrica tendem a apresentar maior rendimento quântico máximo do fotossistema II – FSII (FV/FM) e eficiência do fotossistema II (FV/F0) e menor rendimento quântico basal de processos não fotoquímicos no fotossistema II (F0/FM), uma vez que esses indivíduos não estão em estresse luminoso e hídrico e esses parâmetros indicam a situação de estresse em que a planta se encontra em suas faixas de valores ótimos (Roháček, 2002). Sendo as faixas ótimas dos atributos: FV/FM está acima de 0.75, FV/F0 entre 4 e 6 e F0/FM entre 0,14 a 0,20 (Bolhàr-Nordenkampf *et al.* 1989; Roháček, 2002). O quenching fotoquímico (qP) representa a utilização da energia luminosa para os processos fotoquímicos da

fotossíntese, sendo o processo básico da fotossíntese e o quenching não fotoquímico (NPQ) reflete a dissipação do excesso da energia luminosa na forma de calor nos complexos antena do FSII, sendo uma fotoproteção induzida pela irradiância através da dissipação térmica, estando intimamente correlacionado com a formação de zeaxantina (Roháček; Barták, 1999). Plantas que estão sob estresse podem apresentar maiores valores de NPQ, porém, o atributo qP é maior em espécies com ausência de estresse luminoso, consequentemente usando a energia para a produção de fotoassimilados (Beneragama; Goto, 2010).

1.3 Influência da irradiância na plasticidade fenotípica

Algumas espécies possuem a capacidade de alterar seu fenótipo, ajustando sua morfologia, fisiologia ou anatomia em resposta às variações ambientais, tal capacidade é denominado plasticidade fenotípica (Valladares *et al.* 2000). A plasticidade fenotípica reflete no padrão de distribuição das espécies, uma vez que, essa capacidade varia de acordo com as flutuações ambientais entre diferentes espécies ou em uma mesma espécie, de acordo com o recurso que o indivíduo irá responder a essas alterações (Valladares *et al.* 2000). Espécies mais plásticas apresentam maiores ajustes em ambientes métricos (heterogêneos), com maiores taxas de sobrevivência, sendo o oposto verificado para as espécies menos plásticas (Valladares *et al.* 2005; Gómez *et al.* 2004).

A plasticidade foliar é importante tanto para plantas modulares que estão em ambientes sombreados quanto para os que estão em condições de alta irradiância (Poorter, 2001). Espécies em diferentes condições de irradiância podem apresentar alterações na morfologia, anatomia e fisiologia (March; Clark, 2011). A capacidade da resposta as flutuações da irradiância varia entre espécies e no desenvolvimento ontogenético

(Thompson *et al.* 1992). Plantas jovens possuem maior capacidade de aclimação a mudanças ambientais devido ao desenvolvimento de novas estruturas de acordo com o estágio do crescimento (Kitajima *et al.* 1996). Plantas jovens que estão sob menor intensidade de irradiância utilizam estratégias de sobrevivência que refletem maior plasticidade fenotípica para garantir melhor desenvolvimento (Valladares *et al.* 2000). A utilização eficiente da irradiância garante uma vantagem em espécies mais plásticas, convertendo energia luminosa em energia química (Souza *et al.* 2009).

Segundo Valladares *et al.* (2005) a plasticidade pode ser calculada usando a relação entre valores máximos e mínimos dos atributos estudados através do índice de plasticidade fenotípica. Segundo os autores, os valores deste índice variam de 0 à 1, sendo valores próximos de 0 considerados de menor plasticidade. Estudos que buscam conhecer a relação da plasticidade fenotípica em atributos fisiológicos levam a compreensão em relação ao custo das respostas dessa plasticidade em razão das flutuações (Auld *et al.* 2010). Em ambientes heterogêneos, populações adaptadas e com baixa plasticidade em atributos pode estar em condições de desvantagem ou até mesmo em risco de extinção local se houverem mudanças das condições ambientais (Valladares *et al.* 2007). Poucos estudos têm direcionado sobre o comportamento plástico de espécies arbóreas em relação as flutuações ambientais, sendo então necessário maiores esforços para entender a extensão e a natureza da variação na plasticidade fenotípica entre as espécies (Valladares *et al.* 2000).

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da heterogeneidade ambiental em espécies jovens nativas em área de restauração da Floresta Atlântica.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar como a influência das faces de exposição solar (norte e sul) em um morrote afeta a eficiência fotoquímica de oito espécies nativas em fase inicial de um plantio de restauração na Floresta Atlântica;
- Determinar a influência dos períodos seco e chuvoso na eficiência fotoquímica das espécies nativas em fase inicial de um plantio de restauração na Floresta Atlântica.

3 HIPÓTESES

- 1) As condições microclimáticas são influenciadas pela posição topográfica do morrote, o que promove estresse vegetal nos indivíduos sob alta temperatura e baixa disponibilidade hídrica. Como a face norte possui uma maior intensidade da irradiância em relação à face sul, a eficiência fotoquímica nos indivíduos da face norte é menor que nos indivíduos da face sul, independente da espécie.
- 2) A disponibilidade da intensidade da irradiância é influenciada pelos períodos seco e chuvoso. Assim, quando esta condição é acentuada na estação seca, haverá danos fotoinibitórios nos indivíduos.
- 3) A maior intensidade de irradiância na face norte direcionará uma menor plasticidade dos indivíduos para os parâmetros analisados, uma vez que essa face é mais estressante por receber maior intensidade de irradiância. Assim, os indivíduos irão direcionar a energia em recursos para evitarem a fotoinibição.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo e seleção das espécies

Este estudo foi realizado em uma das áreas de restauração na Fazenda Igarapé, interligada a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João (Carvalho *et al.* 2007). A fazenda tem área aproximada de 1.600 hectares e está localizada em Silva Jardim-RJ, Brasil (07°76'S, 90°70'W e 75°08'S, 31°20'W) (Figura 2). A altitude do morrote é de cerca de 45 m com declividade média de 46,5° em ambas as faces e a formação florestal remanescente é do tipo Floresta Atlântica Ombrófila Densa de Terras Baixas com parte inicial da Submontana (Veloso *et al.* 1991). A precipitação média anual varia entre 1.500 e 2.000 mm, o clima da região é do tipo tropical chuvoso com estação seca no inverno segundo a classificação de Koppen (Primo; Völker 2003). Os meses de novembro a março correspondem ao período mais chuvoso e de maiores temperaturas, entretanto os meses de junho a agosto correspondem ao período mais seco com menores temperaturas (Figura 1) (Primo; Völker 2003).

A fazenda conta com um histórico de criação de gado e cavalos na década de 1970, sem a presença destes há dois anos antes do plantio, também não houve produção agrícola e manutenção por nove anos, antes do plantio. A área de estudo foi um morrote correspondente a uma parte da área de restauração, o qual foi utilizado como pastagem até 2017, sendo adquirida pela Associação Mico Leão Dourado em fevereiro de 2018. A restauração teve como objetivo interligar os fragmentos de florestas, bem como preservar a biodiversidade local. Um total de 67 espécies foram plantadas na área entre os meses de outubro de 2018 a março de 2019, provenientes de cinco viveiros regionais, mas apenas oito foram utilizadas neste estudo por terem indivíduos suficientes para amostragem em ambas as faces do morrote (Tabela 1, Figuras 2 e 3). As faces do morrote receberam o mesmo tratamento silvicultural, sendo um preparo com roçada semimecanizada. Para o plantio foi utilizado um espaçamento 3x2m com manutenção a cada 2 meses, alternando

o controle químico e controle semimecanizado das gramíneas. As covas do plantio tiveram o tamanho de 30x30x30cm em média e a adubação de cobertura foi de 1x - 50g de NPK 20-05-20 por coroa a calagem era realizada com 50g por coroa com 2kg de húmus por cova e 50g de NPK por coroa em 3 aplicações. O controle de formigas realizado com isca granulada na dosagem de 2,5kg/hectare. O replantio das espécies foi praticamente nulo, sendo realizado em março/abril de 2019 (Informações cedidas por Carlos Alvarenga). Todos os indivíduos foram plantados seguindo os mesmos procedimentos silviculturais, com aproximadamente 40 cm de altura.

A localização das mudas foi escolhida de forma aleatória, ao longo de todo o morrote de forma homogênea (Figura 2). Posteriormente, as espécies foram identificadas e classificadas pelo grupo sucessional (Tabela 1) (Figura 3) (Gandolfi *et al.* 1995; Lorenzi 2014).

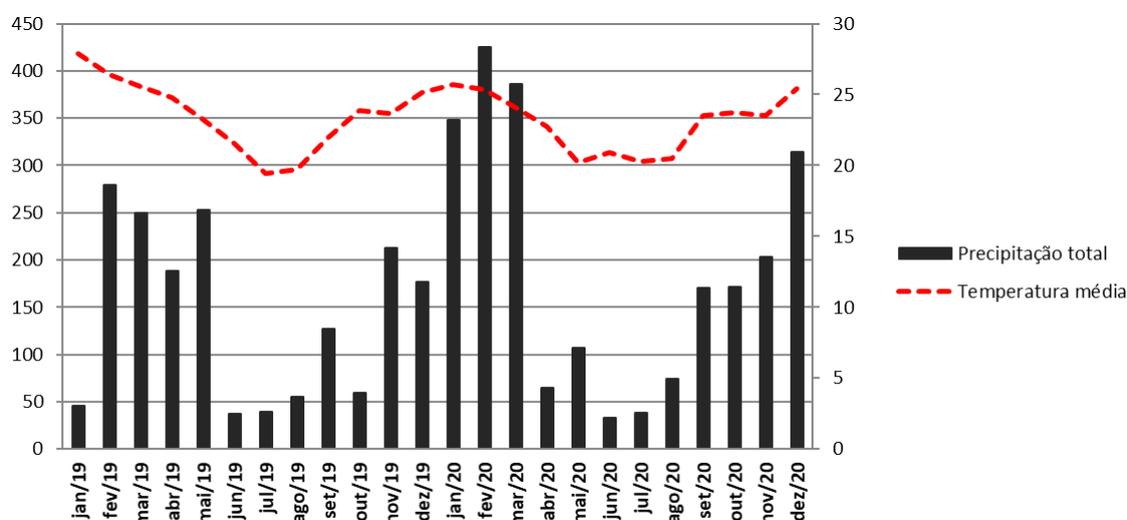


Figura 1. Dados climatológicos da média de precipitação total mensal e temperatura média mensal: Estação automática de Silva Jardim – RJ (gráfico cedido por Queila Costa dos Santos).



Figura 2. Morrote com a distribuição das espécies na área de trabalho em área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ. Pontos amarelos e verdes correspondem, respectivamente, as faces sul e face norte. (Cedido por Carlos Alvarenga).

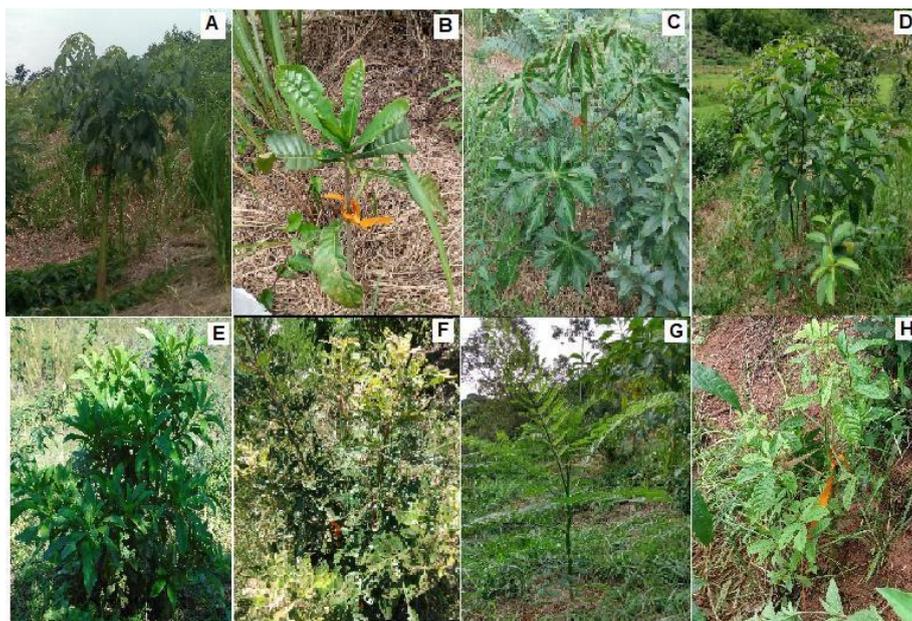


Figura 3. Espécies nativas da Floresta Atlântica estudadas na área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ. A. *Ceiba speciosa*, B. *Genipa americana*, C. *Cecropia glaziovii*, D. *Cytharexylum myrianthum*, E. *Cordia superba*, F. *Schinus terebinthifolia*, G. *Schizolobium parahyba* e H. *Vitex polygama*. (Imagens A e F foram cedidas por Queila Costa dos Santos).



Figura 4. Área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ no início de 2019.

Tabela 1. Características das espécies estudadas na área de restauração da Associação Mico Leão Dourado na Fazenda Igarapé, Silva Jardim, RJ.

| ESPÉCIE | GRUPO SUCESSIONAL | FAMÍLIA BOTÂNICA | TIPO VEGETACIONAL | HÁBITO FOLIAR |
|---|--------------------------|-------------------------|--|----------------------|
| <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi. | Pioneira | Anacardiaceae | Campo Limpo, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Floresta Ombrófila Mista, Manguezal e Restinga | Sempre-verde |
| <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake. | | Fabaceae | Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual E Floresta Ombrófila | Decídua |
| <i>Cordia superba</i> Cham. | | Boraginaceae | Caatinga (stricto sensu), Cerrado (lato sensu) E Floresta Ombrófila | Semi-decídua |
| <i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl. | | Urticaceae | Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) E Floresta Ombrófila Mista | Sempre-verde |
| <i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna. | | Malvaceae | Área Antrópica, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila | Decídua |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> Cham. | Secundária Inicial | Verbenaceae | Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Floresta Ombrófila Mista | Sempre-verde |
| <i>Vitex polygama</i> Cham. | | Lamiaceae | Carrasco, Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila, Restinga e vegetação sobre afloramentos Rochosos | Sempre-verde |
| <i>Genipa americana</i> L. | Secundária Tardia | Rubiaceae | Cerrado (lato sensu), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Restinga | Sempre-verde |

4.2 Avaliação das características fisiológicas

Amostras foram realizadas entre agosto (período seco) e dezembro (período chuvoso) no ano de 2019, em cinco indivíduos jovens de cada uma das oito espécies em cada face do morrote. *Vitex polygama* foi a única espécie cujo número amostral na face norte foi menor (n=2). As avaliações foram realizadas no terço médio de folhas do terceiro par a partir do ápice, na parte adaxial foliar, devendo ser jovem completamente expandida, saudáveis e sem necrose ou herbivoría (Pérez-Harguindeguy *et al.* 2013). Além disto, evitou-se medições sobre as nervuras das folhas.

4.2.1 Fluorescência da clorofila *a*

As avaliações da emissão da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas com o auxílio de um fluorímetro modulado portátil FMS2 (Hansatech, UK) no período de 10:00 às 13:00 h, uma vez que adotamos o período do dia em que os indivíduos de ambas as faces recebiam irradiância, como também era o horário de maior intensidade de irradiância. Antes das medições, as folhas foram pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos, por meio do uso de *clips* foliares, uma vez que é necessário o os centros de reação do FSII ficarem na forma ativa (abertos) (Figura 5 A) (Genty *et al.* 1989; Van Kooten; Snel, 1990). Após este período de escuro, as folhas foram expostas à luz de medição (aproximadamente $\cong 6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 660 nm, indução da fluorescência inicial), e em seguida foi aplicado um pulso de luz actínica saturante de alta intensidade ($\cong 10.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante 0,8 segundos (Figura 5 B). Foram determinados os atributos: (F0/FM), (FV/FM), (FV/F0) e coeficientes (qP) e (NQP).

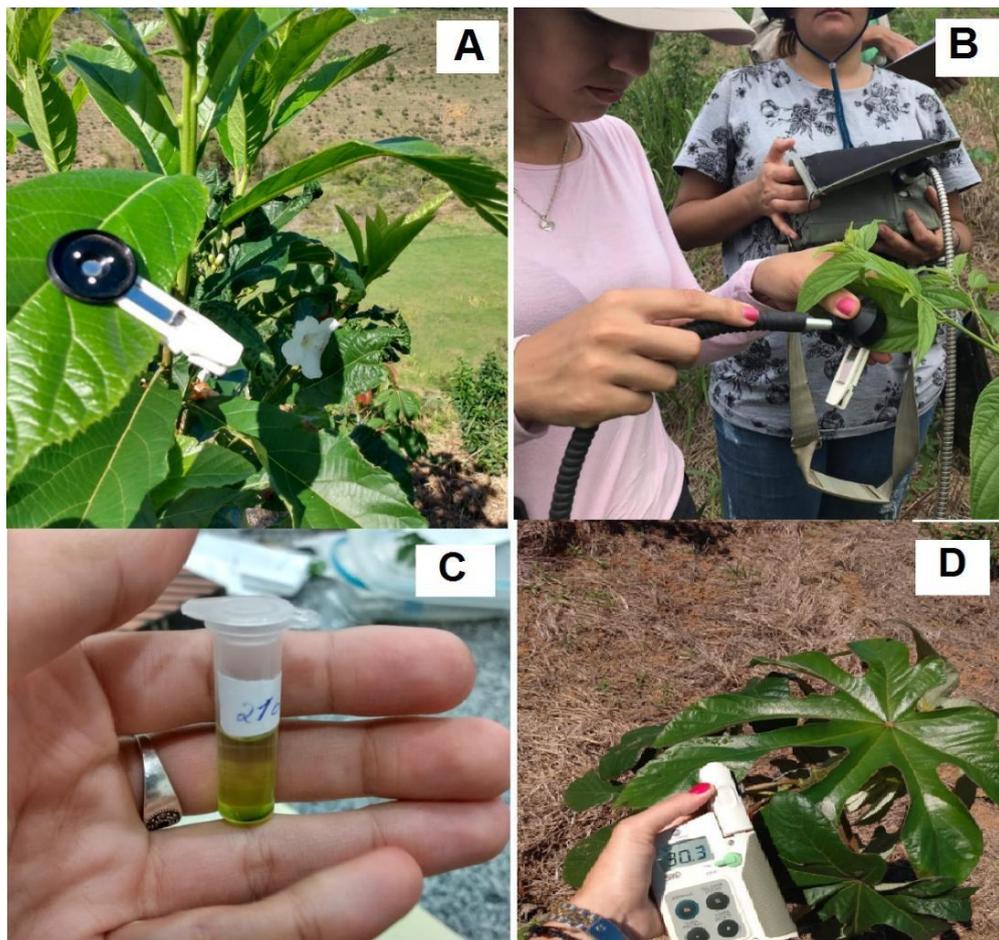


Figura 5. Imagens da obtenção dos dados da fluorescência da clorofila *a* e da extração de pigmentos fotossintéticos. Clips foliares no momento de adaptação ao escuro (A), medição dos atributos da fluorescência da clorofila com o uso do fluorímetro modulado portátil FMS2 (B), tubo plástico tipo *ependorf* contendo 1 mL de solvente orgânico (dimetilsufóxido, DMSO) e um disco foliar para posterior análises no espectrofotômetro (C) e medição do teor de cor verde com o uso do SPAD (D).

4.2.2 Concentrações dos pigmentos fotossintéticos

Em cada indivíduo de ambas as faces e períodos, a quantificação de pigmentos fotossintéticos foi realizada retirando um disco foliar do limbo de área 19.6 mm². A coleta dos discos foliares foi realizada entre 8 e 10h da manhã. Cada disco foliar foi colocado

em tubo tipo *ependorf* contendo 1 ml de dimetilsufóxido (DMSO, Figura 5 C). Os tubos foram envolvidos com papel alumínio para proteger contra a fotoxidação. Após cinco dias, o extrato foi analisado em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 480 nm, 649 nm e 665nm para a quantificação das clorofilas a, b e carotenóides (Wellburn, 1994). As relações clorofila total, clorofila a/b e clorofila total/carotenóide foram analisadas em sequência. Todos os procedimentos espectrofotométricos foram feitos em ambiente com pouca luminosidade. Os valores das concentrações de pigmentos foram obtidos em $\mu\text{g ml}^{-1}$ e, posteriormente, convertidos à nmol.cm^{-2} . As seguintes equações foram utilizadas para o cálculo das clorofilas:

$$[\text{Clorofila a}] (\mu\text{g} / \text{mL}) = 12,19A_{665} - 3,45A_{649}$$

$$[\text{Clorofila b}] (\mu\text{g} / \text{mL}) = 21,99A_{649} - 5,32A_{665}$$

$$[\text{Carotenóides}] (\mu\text{g/mL}) = (1000A_{480} - 2,14 [\text{Clorofila a}] - 70,16 [\text{Clorofila b}])/220$$

$$[\text{Clorofilas totais}] = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b$$

$$[\text{Clorofila total/ Carotenóides}] = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b / \text{Carotenóides}$$

4.2.3 Teor de cor verde (SPAD)

A intensidade de cor verde está relacionada com teores de clorofila total foliar (Guimarães *et al.* 1999). As avaliações foram feitas em três folhas maduras e sadias por indivíduo, utilizando-se um medidor portátil de clorofilas modelo SPAD-502 (Minolta, Japan) (Figura 5 D). As avaliações foram feitas entre 8 e 10h da manhã.

4.2.4 Índice de plasticidade fenotípica (IP)

O IP foi calculado pela diferença entre os valores máximos e mínimos dos atributos funcionais mencionados acima, dividido pelo valor máximo (equação 1) (Valladares *et al.* 2000). O IP foi aplicado para todos os atributos individualmente, para cada face do morrote. Os atributos foram considerados plásticos quando IP for superior a 0,6, na escala de variação entre 0 e 1 (Valladares *et al.* 2005).

$$\text{Equação 1. } IP = \frac{M_{\text{ax}}V - M_{\text{in}}V}{M_{\text{ax}}V}$$

Em que: $M_{\text{ax}}V$: Valor máximo do atributo e $M_{\text{in}}V$: Valor mínimo do atributo.

4.3 Análises estatísticas

Após verificar a normalidade e homogeneidade dos dados, estes foram submetidos à análise paramétrica para comparação das faces e períodos. As análises dos atributos foram realizadas para cada espécie comparando os períodos do ano (seco e chuvoso) e a influência das faces (norte e sul), sendo realizados testes de média (ANOVA TWO-WAY). A análise do IP para cada espécie foi determinada apenas com a comparação entre as faces, com o teste de média (ANOVA ONE-WAY), uma vez que não foi possível incluir o fator período. Para analisar as médias e as letras referentes as diferenças foi usado o Agricolae (Mendiburu, 2020). Para fazer os gráficos foi usado o pacote ggplot 2 (Wickham, 2016). Um teste de correlação de Pearson foi realizado para os atributos NPQ e carotenóides, comparando as faces (norte e sul) apenas para o período chuvoso. Ambos os testes foram realizados com a utilização do programa RStudio, com nível de

significância de 0.05 (5%).

5 RESULTADOS

As concentrações de clorofila *a* e *b* e total foram significativamente diferentes entre os períodos apenas para *Schizolobium parahyba*, tendo sido maior no período chuvoso (Tabela 2). Não foram observadas diferenças na concentração de clorofilas entre as faces para nenhuma outra espécie. A concentração de carotenóides diferiu significativamente entre as faces para *Ceiba speciosa*, *Cytharexylum myrianthum*, *Cordia superba* e *Vitex polygama*, com baixa concentração para a face sul. *Cytharexylum myrianthum* também apresentou diferença para carotenóides em relação aos períodos, tendo sido maior no período seco (Tabela 2). A razão clorofila *a/b* diferiu entre as faces para *Cordia superba* e *Schizolobium parahyba*, com menores valores na face norte (Tabela 2). A razão clorofila total/carotenóides diferiu apenas entre as faces para *Cytharexylum myrianthum*, *Schinus terebinthifolia*, *Schizolobium parahyba* e *Vitex polygama*, com maiores valores na face sul (Tabela 2).

Tabela 2. Média \pm desvio padrão da concentração de pigmentos fotossintéticos (nmol.cm⁻²) de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte e sul durante o período seco e chuvoso. Letras maiúsculas e minúsculas comparam os períodos e faces, respectivamente. Diferentes letras indicam diferença estatística ($P < 0.05$), destacadas em cinza quando significativas.

| Espécie | Período | Clorofila a | | | | Clorofila b | | | | Carotenóides | | | |
|--------------------------------|----------------|-------------------|----|-------------------|----|------------------|----|-------------------|----|------------------|----|------------------|----|
| | | Norte | | Sul | | Norte | | Sul | | Norte | | Sul | |
| <i>Ceiba speciosa</i> | Seco | 36,52 \pm 3,36 | Aa | 37,11 \pm 5,95 | Aa | 24,19 \pm 1,80 | Aa | 23,58 \pm 4,32 | Aa | 12,05 \pm 0,44 | Aa | 9,12 \pm 1,84 | Ab |
| | Chuvoso | 40,86 \pm 6,34 | Aa | 30,76 \pm 7,92 | Aa | 27,08 \pm 4,24 | Aa | 21,66 \pm 4,55 | Aa | 11,22 \pm 1,25 | Aa | 8,82 \pm 1,90 | Ab |
| <i>Genipa americana</i> | Seco | 32,88 \pm 10,53 | Aa | 33,52 \pm 4,76 | Aa | 21,90 \pm 6,75 | Aa | 21,37 \pm 7,40 | Aa | 13,78 \pm 3,27 | Aa | 13,05 \pm 4,48 | Aa |
| | Chuvoso | 43,65 \pm 9,43 | Aa | 35,73 \pm 0,91 | Aa | 30,04 \pm 7,96 | Aa | 23,73 \pm 8,05 | Aa | 17,22 \pm 2,54 | Aa | 12,73 \pm 4,02 | Aa |
| <i>Cecropia glaziovii</i> | Seco | 48,58 \pm 8,72 | Aa | 46,82 \pm 13,23 | Aa | 33,29 \pm 5,98 | Aa | 31,10 \pm 10,69 | Aa | 12,36 \pm 2,49 | Aa | 12,13 \pm 1,83 | Aa |
| | Chuvoso | 48,40 \pm 10,01 | Aa | 49,82 \pm 11,54 | Aa | 32,13 \pm 9,29 | Aa | 33,73 \pm 8,68 | Aa | 13,70 \pm 1,76 | Aa | 11,30 \pm 2,15 | Aa |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | Seco | 36,17 \pm 5,11 | Aa | 21,47 \pm 11,96 | Aa | 22,97 \pm 2,77 | Aa | 25,22 \pm 7,34 | Aa | 14,11 \pm 1,85 | Aa | 11,87 \pm 2,15 | Ab |
| | Chuvoso | 32,68 \pm 6,85 | Aa | 18,65 \pm 8,04 | Aa | 19,70 \pm 4,68 | Aa | 22,15 \pm 5,25 | Aa | 11,65 \pm 1,46 | Ba | 10,13 \pm 1,86 | Bb |
| <i>Cordia superba</i> | Seco | 31,62 \pm 9,92 | Aa | 32,58 \pm 9,30 | Aa | 20,62 \pm 6,03 | Aa | 20,44 \pm 5,79 | Aa | 11,43 \pm 2,48 | Aa | 7,50 \pm 2,55 | Ab |
| | Chuvoso | 37,75 \pm 5,24 | Aa | 29,23 \pm 4,60 | Aa | 27,70 \pm 7,10 | Aa | 18,56 \pm 2,32 | Aa | 9,22 \pm 2,75 | Aa | 7,44 \pm 1,83 | Ab |
| <i>Schinus terebinthifolia</i> | Seco | 36,84 \pm 6,96 | Aa | 39,56 \pm 8,44 | Aa | 32,44 \pm 4,06 | Aa | 36,62 \pm 7,33 | Aa | 10,43 \pm 2,65 | Aa | 6,53 \pm 1,82 | Aa |
| | Chuvoso | 40,79 \pm 4,37 | Aa | 41,08 \pm 5,64 | Aa | 43,17 \pm 6,96 | Aa | 33,52 \pm 4,90 | Aa | 6,06 \pm 1,42 | Aa | 8,54 \pm 1,98 | Aa |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | Seco | 40,09 \pm 8,81 | Ba | 35,09 \pm 5,90 | Ba | 27,61 \pm 4,87 | Ba | 23,06 \pm 3,94 | Ba | 9,12 \pm 1,06 | Aa | 8,84 \pm 1,06 | Aa |
| | Chuvoso | 46,19 \pm 8,58 | Aa | 53,83 \pm 6,63 | Aa | 34,33 \pm 5,97 | Aa | 35,52 \pm 5,07 | Aa | 7,95 \pm 2,25 | Aa | 10,48 \pm 2,25 | Aa |
| <i>Vitex polygama</i> | Seco | 33,27 \pm 6,98 | Aa | 29,68 \pm 7,68 | Aa | 22,40 \pm 3,72 | Aa | 19,10 \pm 4,87 | Aa | 14,20 \pm 3,51 | Aa | 7,71 \pm 1,78 | Ab |
| | Chuvoso | 37,94 \pm 5,32 | Aa | 29,85 \pm 6,70 | Aa | 2,50 \pm 2,50 | Aa | 19,74 \pm 7,71 | Aa | 13,33 \pm 2,15 | Aa | 8,86 \pm 2,65 | Ab |

Continuação da Tabela 2.

| Espécie | Período | Clorofila <i>a/b</i> | | | | Clorofila total/Carotenóides | | | | Clorofila total | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------------|----|-------------|----|------------------------------|----|--------------|----|-----------------|----|---------------|----|
| | | Norte | | Sul | | Norte | | Sul | | Norte | | Sul | |
| <i>Ceiba speciosa</i> | Seco | 1,50 ± 0,02 | Aa | 1,60 ± 0,08 | Aa | 5,04 ± 0,54 | Aa | 6,74 ± 1,08 | Aa | 60,72 ± 5,16 | Aa | 60,70 ± 10,19 | Aa |
| | Chuvoso | 1,52 ± 0,24 | Aa | 1,42 ± 0,18 | Aa | 6,06 ± 0,60 | Aa | 6,05 ± 1,30 | Aa | 67,95 ± 8,67 | Aa | 52,42 ± 12,06 | Aa |
| <i>Genipa americana</i> | Seco | 1,50 ± 0,04 | Aa | 1,60 ± 0,13 | Aa | 4,00 ± 1,07 | Aa | 4,43 ± 1,29 | Aa | 54,77 ± 17,26 | Aa | 54,90 ± 13,94 | Aa |
| | Chuvoso | 1,47 ± 0,13 | Aa | 1,51 ± 0,05 | Aa | 4,26 ± 0,66 | Aa | 4,67 ± 0,22 | Aa | 73,7 ± 17,32 | Aa | 59,46 ± 10,18 | Aa |
| <i>Cecropia glaziovii</i> | Seco | 1,46 ± 0,04 | Aa | 1,52 ± 0,09 | Aa | 6,79 ± 1,59 | Aa | 6,47 ± 1,87 | Aa | 81,88 ± 14,66 | Aa | 77,92 ± 10,98 | Aa |
| | Chuvoso | 1,52 ± 0,11 | Aa | 1,47 ± 0,10 | Aa | 5,98 ± 1,75 | Aa | 7,68 ± 2,73 | Aa | 80,54 ± 9,75 | Aa | 83,56 ± 12,17 | Aa |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | Seco | 1,57 ± 0,03 | Aa | 1,60 ± 0,04 | Aa | 4,21 ± 0,54 | Ab | 5,51 ± 1,26 | Aa | 59,14 ± 7,88 | Aa | 65,66 ± 13,85 | Aa |
| | Chuvoso | 1,67 ± 0,06 | Aa | 1,57 ± 0,05 | Aa | 4,48 ± 0,69 | Ab | 5,76 ± 1,79 | Aa | 52,37 ± 11,52 | Aa | 57,02 ± 13,26 | Aa |
| <i>Cordia superba</i> | Seco | 1,52 ± 0,04 | Ab | 1,60 ± 0,04 | Aa | 4,51 ± 0,64 | Aa | 7,92 ± 1,27 | Aa | 52,24 ± 15,95 | Aa | 53,03 ± 15,08 | Aa |
| | Chuvoso | 1,40 ± 0,23 | Ab | 1,57 ± 0,06 | Aa | 8,03 ± 1,30 | Aa | 6,55 ± 0,72 | Aa | 65,46 ± 11,30 | Aa | 47,79 ± 6,89 | Aa |
| <i>Schinus Terebinthifolia</i> | Seco | 1,12 ± 0,09 | Aa | 1,07 ± 0,10 | Aa | 6,81 ± 1,10 | Ab | 11,97 ± 1,86 | Aa | 69,29 ± 10,89 | Aa | 76,18 ± 15,32 | Aa |
| | Chuvoso | 0,95 ± 0,13 | Aa | 1,22 ± 0,05 | Aa | 8,15 ± 1,44 | Ab | 8,97 ± 1,73 | Aa | 83,97 ± 9,73 | Aa | 74,61 ± 10,35 | Aa |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | Seco | 1,44 ± 0,06 | Ab | 1,52 ± 0,03 | Aa | 7,46 ± 0,33 | Ab | 8,56 ± 0,55 | Aa | 67,7 ± 13,68 | Ba | 58,15 ± 9,82 | Ba |
| | Chuvoso | 1,34 ± 0,02 | Ab | 1,51 ± 0,04 | Aa | 7,85 ± 1,43 | Ab | 8,51 ± 1,50 | Aa | 80,51 ± 14,53 | Aa | 89,25 ± 11,96 | Aa |
| <i>Vitex polygama</i> | Seco | 1,47 ± 0,06 | Aa | 1,55 ± 0,05 | Aa | 3,95 ± 0,22 | Ab | 6,49 ± 1,63 | Aa | 55,68 ± 10,69 | Aa | 48,79 ± 12,53 | Aa |
| | Chuvoso | 1,60 ± 0,05 | Aa | 1,51 ± 0,05 | Aa | 4,26 ± 0,16 | Ab | 5,72 ± 1,43 | Aa | 61,49 ± 7,82 | Aa | 49,59 ± 13,34 | Aa |

Cecropia glaziovii apresentou maiores valores absolutos da concentração da clorofila *a* ($48,41 \pm 10,37$), carotenóides ($12,37 \pm 2,10$) e clorofila total ($80,97 \pm 18,08$) se comparada às demais espécies, e reduzidos valores absolutos de NPQ ($0,04 \pm 0,01$) (Anexo 1). O oposto foi observado para *Vitex polygama* para concentração da clorofila *a* ($31,43 \pm 8,68$), clorofila *b* ($20,44 \pm 5,48$), clorofila total ($15,88 \pm 14,14$) e teor de cor verde ($27,95 \pm 6,06$) e maiores valores absolutos para NPQ ($0,12 \pm 0,08$). *Schinus terebinthifolia* apresentou maiores valores absolutos para concentração da clorofila *b* ($36,44 \pm 6,96$), razão da clorofila total/carotenóides ($10,68 \pm 4,44$) e qP ($0,96 \pm 0,01$), enquanto reduzidos valores absolutos na concentração de carotenóides ($7,89 \pm 2,57$) e razão da clorofila *a/b* ($1,09 \pm 0,13$). *Schizolobium parahyba* apresentou maiores valores absolutos do teor de cor verde ($49,15 \pm 10,02$), FV/FM ($0,78 \pm 0,05$) e FV/F0 ($4,28 \pm 1,10$) e menores valores absolutos para F0/FM ($0,19 \pm 0,04$). O oposto foi observado para *Cordia superba* (Anexo 1).

O índice de plasticidade para os pigmentos não diferiu significativamente entre as faces (Figura 6). Entretanto, as espécies tiveram uma tendência em apresentar maiores valores na face sul, exceto para a razão clorofila *a/b*. *Genipa americana* apresentou maiores valores do índice de plasticidade para vários atributos de pigmentos, enquanto o oposto foi observado para *Ceiba speciosa* e *Vitex polygama*.

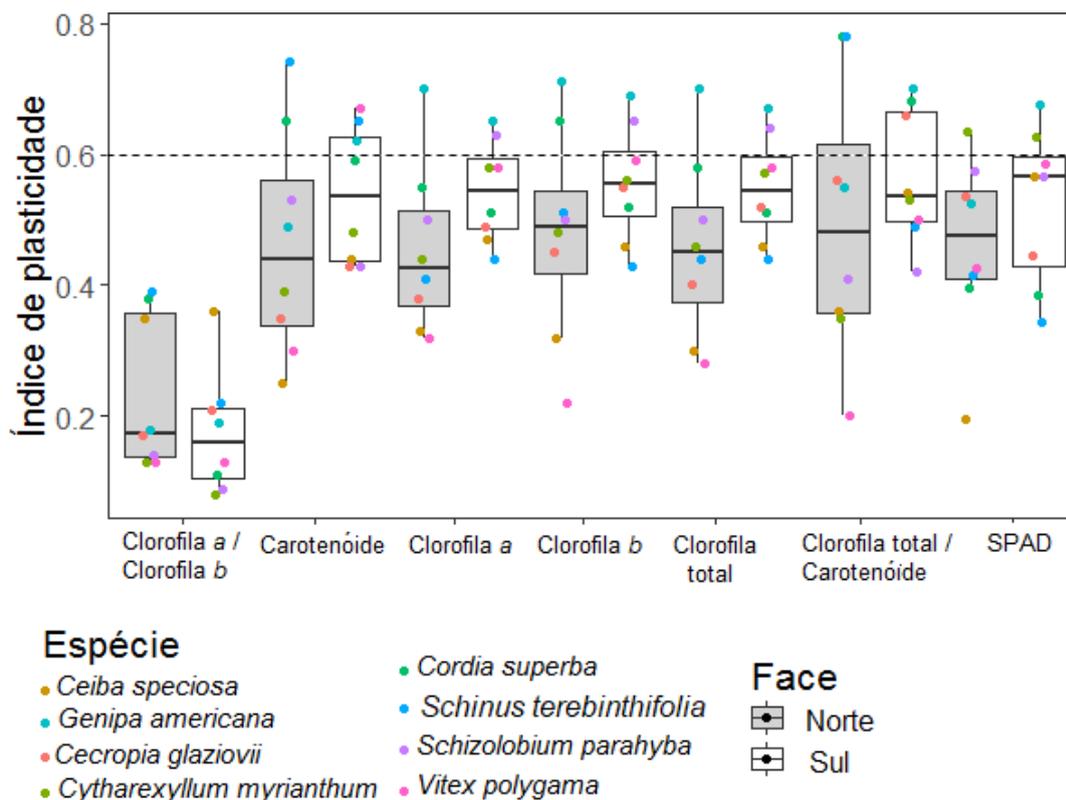


Figura 6. Distribuição dos valores do índice de plasticidade durante o período seco e chuvoso para a concentração de pigmentos fotossintéticos ($\text{nmol}\cdot\text{cm}^{-2}$) e teor de cor verde em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (cinza) e sul (branco).

O NPQ diferiu significativamente entre as faces apenas para *Ceiba speciosa*, com maiores valores obtidos na face norte (Figura 7 A). O qP diferiu entre as faces para *Genipa americana*, *Cecropia glaziovii* e *Cordia superba*, com maiores valores sempre na face sul (Figura 7 B).

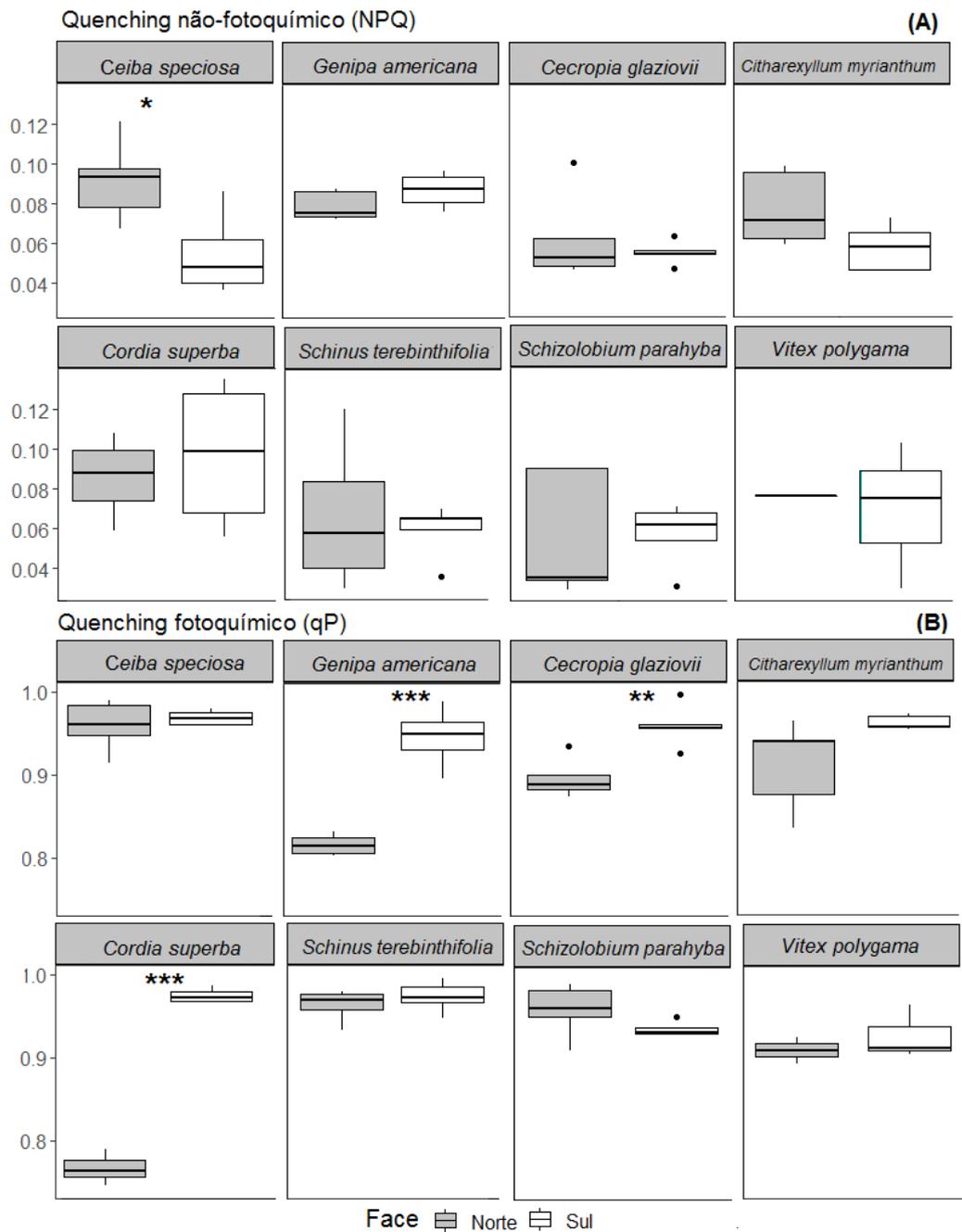


Figura 7. Distribuição dos valores do quenching não-fotoquímico (NPQ) (A) e do quenching fotoquímico (qP) (B) de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (cinza) e sul (branco) durante o período chuvoso. Círculos fechados representam *outliers*. Asterisco (*) representa diferença significativa entre as faces ($P < 0.05$).

F0/FM diferiu entre os períodos para *Genipa americana* e *Cordia superba*, sendo maior no período seco (Figura 8 A). *Ceiba speciosa*, *Schinus terebinthifolia* e *Schizolobium parahyba* apresentaram valores semelhantes e dentro da faixa considerada ótima (0,14 a 0,20) na estação chuvosa. Entretanto, estas espécies apresentaram valores acima desta faixa no período seco, em especial na face norte, enquanto outras espécies apresentaram valores dentro da faixa ótima apenas no período chuvoso. *Cecropia glaziovii* e *Vitex polygama* apresentaram valores fora da faixa ótima, exceto para a face sul no período seco (Figura 8 A). FV/FM apresentou valores menores que 0.75 (valor considerado crítico) em *Genipa americana*, *Citharexylum myrianthum* e *Cordia superba* no período seco (Figura 8 B). FV/F0 foi significativamente maior no período chuvoso para a maioria das espécies, não apresentando diferença entre as faces, a maioria das espécies apresentaram valores abaixo da faixa ótima (4 a 6) no período seco (Figura 8 C).

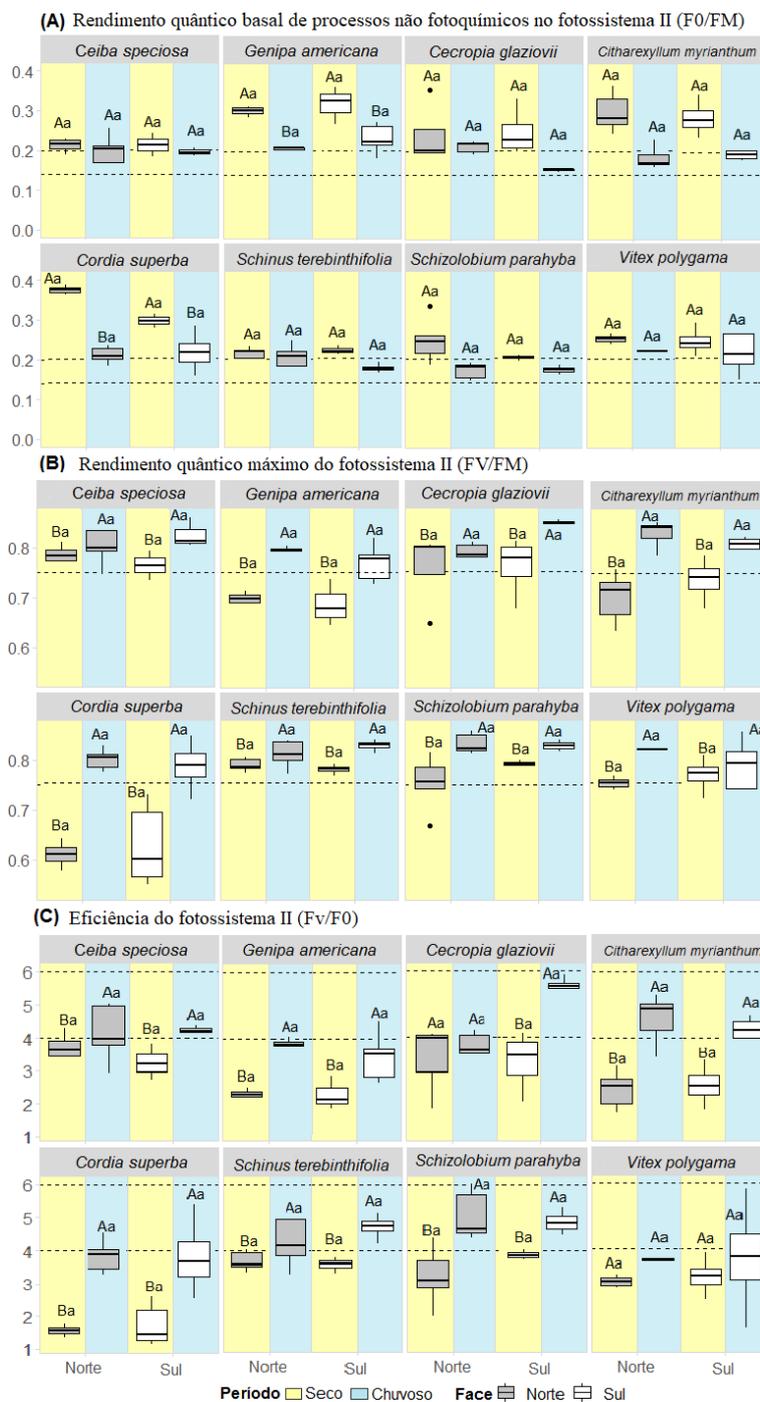


Figura 8. Distribuição dos valores de atributos da fluorescência da clorofila *a* referente a F0/FM (A), FV/FM (B) e FV/F0 (C) de indivíduos nas faces e períodos de estudo. Letras maiúsculas e minúsculas comparam os períodos e faces, respectivamente. Diferentes letras indicam diferença estatística ($P < 0.05$). Linhas tracejadas representam a faixa de valores ótimos para estes atributos. Círculos fechados representam outliers.

O índice de plasticidade associado aos atributos da fluorescência da clorofila *a* não foi significativamente diferente entre as faces para as espécies (Figura 9). Para os atributos analisados, observou-se uma tendência de maiores valores na face norte. Destaca-se também que NPQ apresentou menores valores do índice de plasticidade em comparação com os demais atributos. *Schinus terebinthifolia* apresentou baixo índice de plasticidade para os atributos F0/FM, FV/F0 e FV/FM. *Ceiba speciosa* apresentou o mesmo esse padrão na face sul para estes atributos, enquanto os atributos qP e NPQ foram mais variados, sendo NPQ um atributo menor baixa plasticidade e qP com maior plasticidade. *Vitex polygama* apresentou maiores valores de plasticidade fenotípica para a face sul.

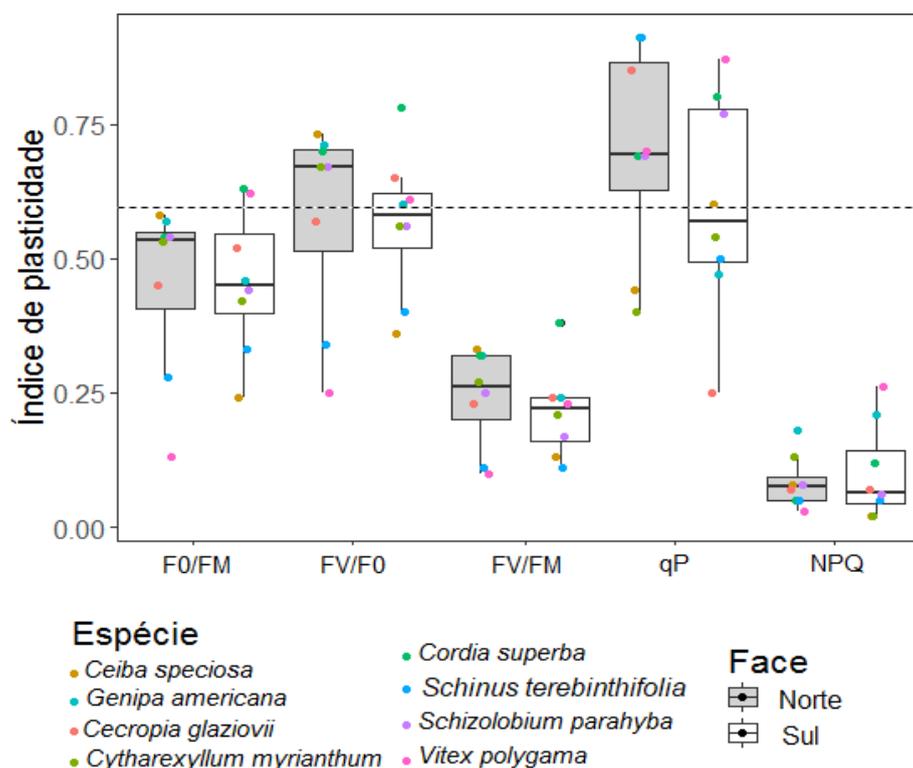


Figura 9. Distribuição dos valores do índice de plasticidade durante o período seco (agosto de 2019) e chuvoso (dezembro de 2019) para a concentração de atributos da fluorescência da clorofila *a* em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte (cinza) e sul (branco).

6 DISCUSSÃO

Nossos resultados sugerem que as heterogeneidades temporais e espaciais afetam a eficiência fotoquímica e a composição de pigmentos fotossintéticos de forma diferenciada entre as espécies estudadas. Clorofila total/carotenóides e carotenóides foram mais responsivos a heterogeneidade espacial, enquanto as razões FV/FM e FV/F0 foram mais responsivas a sazonalidade.

Maior concentração de carotenóides na face norte para quatro das oito espécies estudadas (*Ceiba speciosa*, *Cytharexylum myrianthum*, *Cordia superba* e *Vitex polygama*) sugere que estas espécies investiram mais em fotoproteção, uma vez que este pigmento geralmente aumenta sob condições de estresse para prevenir a fotooxidação da clorofila *a* e reduzir possíveis danos no aparato fotossintético (Owens *et al.* 1980; Zeiger, 2013; Moura *et al.* 2016). *Cytharexylum myruanthum* foi a única espécie que apresentou variação sazonal de carotenóides, com maiores concentrações no período seco em ambas as faces. As espécies quais que tiveram variações na concentração deste pigmento fotoprotetor demonstraram ajustes nos valores nas faixas ótimas para eficiência fotoquímica, principalmente no período chuvoso. As clorofilas são responsáveis pela captação de energia luminosa e, conseqüentemente, pelo início do processo fotossintético, destacando-se a clorofila *a* como o principal pigmento dos complexos coletores de luz (Taiz; Zeiger, 2013). A menor concentração de clorofila total e clorofila *a* e *b* no período seco para *Schizolobium parahyba* possivelmente está relacionado a rota da síntese de clorofila ser prejudica sob estresse hídrico (Streit *et al.* 2005, Anjum *et al.* 2011). Em contraposição a estes resultados, Silva e colaboradores (2010) encontraram maiores concentrações de pigmentos fotossintéticos no período seco de uma espécie diferente deste estudo (*Byrsonima sericea*) em uma vegetação de Mata Atlântica sob regeneração

natural próxima a nossa área de estudo, associando este aumento à uma redução do teor relativo de água foliar. Importante destacar que as condições abióticas do presente estudo são mais estressantes e limitantes do que o estudo de Silva e colaboradores (2010) por se tratar de uma área inicial de restauração.

A concentração de clorofilas e de carotenóides são indicadores da sensibilidade da planta em relação à intensidade da irradiância (Vieira, 1996). Neste sentido, a razão clorofila total/carotenóides é um indicador potencial da fotooxidação causada por alta irradiância, uma vez que as clorofilas tendem a ser fotooxidadas sob tal estresse (Hendry: Price, 1993). No presente estudo foram observadas menores razões de clorofila total/carotenóides na face norte para metade das espécies. Assim, menor concentração de clorofila total pode estar associada as alterações na organização dos fotossistemas, em virtude de servir como um mecanismo fotoprotetor prevenindo a fotodestruição severa do cloroplasto (Ottander *et al.* 1995; Souza, 2017).

A proporção da clorofila *a/b* oscila em torno de 3:1, sendo alterada por fatores ambientais e condições de crescimento (Lichtenthaler 1987). Neste estudo foram observados valores em torno de 1,5:1. Nosso resultado foi semelhante ao encontrado por Almeida *et al.* (2004), com baixa razão clorofila *a/b* no ambiente com maior intensidade da irradiância. De maneira geral, esta razão tende a diminuir em ambientes com menor intensidade de irradiância, devido ao aumento proporcional da clorofila *b* em relação a clorofila *a* (Kozlowski *et al.* 1991). Isto aumenta a capacidade de absorção de energia luminosa das plantas sob menor intensidade de irradiância, uma vez que os comprimentos de onda referentes a clorofila *a* já foram absorvidos pelas folhas do dossel, ricas em clorofila *a* (Reid *et al.* 1991).

Valores ótimos da produção quântica basal dos processos não fotoquímicos no FSII (F0/FM) oscilam entre 0,14 a 0,20 (Roháček, 2002). Algumas das espécies

estudadas apresentaram valores maiores e mais distantes da faixa ótima no período seco. Resultados semelhantes para este parâmetro no tratamento de déficit hídrico foram observados por Bastos (2017). O aumento dessa razão indica que a taxa inicial da redução da plastoquinona (Q_a) é maior em relação a taxa da reoxidação da plastoquinona por b (Q_b) e da atividade do fotossistema 1 (FSI) quando as plantas estão em condições de solo com déficit hídrico, comprometendo sua atividade fotoquímica (Cicero *et al.* 2012; Ranjbar, 2017). Estes resultados dos atributos representativos do funcionamento do FSII são semelhantes ao encontrado por Reis (2018), corroborando que a razão F_0/FM acima de 0,20 e de FV/F_0 abaixo de 4,0 são indicativos de estresse em ambientes antropogênicos.

Foi observado maior comprometimento dos aparatos fotossintéticos no período seco em relação aos atributos da fluorescência da clorofila *a*, sugerindo que a restrição hídrica tenha sido a causadora desta variação. FV/FM é um indicativo de perturbação no sistema fotossintético devido aos estresses abióticos e bióticos, incluindo irradiância e disponibilidade hídrica (Björkman; Demmig, 1987; Monteiro, 2018). Plantas com o aparato fotossintético em condições saudáveis de funcionamento apresentam valores de FV/FM entre 0,75 a 0,85 (Bolhàr-Nordenkampf *et al.* 1989). A emissão da fluorescência das folhas das plantas pode ser alterada sob alguns fatores, um deles é sob condições de baixa disponibilidade hídrica (Lichtenthaler; Miehe, 1997), em consequência de danos no centro de reação do fotossistema II que reduz seu potencial fotossintético (Krause; Weis, 1991). Assim, valores de FV/FM abaixo da faixa ótima no período seco em ambas as faces sugerem que as espécies estão em condições estressantes quanto a fase fotoquímica da fotossíntese (Pereira *et al.* 2000).

A faixa de valores de FV/F_0 que reflete o bom funcionamento do aparato fotossintético varia entre 4 e 6 (Roháček, 2002). Este atributo pode ser utilizado como

indicador da eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII, sendo um atributo mais sensível aos estresses ambientais do que a razão FV/FM (Zanandrea *et al.* 2006; Pereira *et al.* 2000). No presente estudo, esse atributo foi considerado mais sensível para as espécies estudadas, uma vez que, as espécies apresentaram valores abaixo desta faixa, principalmente no período seco. Na fase inicial do plantio, as espécies que apresentaram esse comportamento podem ser consideradas sensíveis a baixa disponibilidade hídrica, uma vez que as diminuições dos valores de atributos fotoquímicos refletem a ocorrência de danos fotooxidativos no FSII (Reis e Campostrini, 2011).

Alguns trabalhos não observaram alteração nos atributos de fluorescência sob diferentes disponibilidades hídricas (Trovão *et al.* 2007; Esposti, 2013). No presente estudo não foi observado diferença espacial, possivelmente devido a variações das concentrações dos pigmentos fotoprotetores. Os valores de FV/FM e FV/F0 ficaram abaixo da faixa satisfatória no período seco, sugerindo baixo rendimento quântico e, conseqüentemente, alteração sobre a eficiência fotoquímica potencial. Neste cenário, a redução da disponibilidade hídrica pode causar efeitos negativos na maquinaria fotossintética das plantas, modificando seu desempenho fisiológico, pois essa condição potencializa os processos fotoinibitórios (Vaz *et al.* 2010; Lage-Pinto *et al.* 2012; Cunha *et al.* 2013). Os maiores valores destes parâmetros no período chuvoso estão associados ao melhor aproveitamento da energia de excitação, sendo a água o doador de elétrons para fixação de CO₂ atmosférico (Liu *et al.* 2011).

Em NPQ não foi observado uma variação significativa, tendo sido o contrário observado para qP. Entretanto, a escala dos valores de ambos os atributos foi a mais representativa, sendo qP com valores maiores (acima de 0.80) do que NPQ (abaixo de 0.20). Maiores valores de NPQ eram esperados para a face norte, entretanto,

observamos que apenas *Ceiba speciosa* seguiu este padrão. Valores de qP ao redor de 0.9 como observado neste estudo sugere que o uso da energia luminosa que chega nas plantas está sendo direcionado para a fotossíntese, não sendo necessária grande dissipação do excesso de energia em forma de calor (NPQ) (Weis; Berry, 1987). No período chuvoso, as plantas não são limitadas pelo recurso hídrico, assim, beneficiando-se e produzindo fotoassimilados através da energia absorvida (Campostrini, 2001). Portanto, os reduzidos valores em NPQ, atributo que foi medido apenas no período chuvoso, sugere que as plantas não estejam dissipando o excesso de energia na forma de calor como uma proteção ao sistema fotossintético, uma vez que as plantas não se encontram em condições de estresse hídrico (Campostrini, 2001).

O grau de plasticidade das plantas em relação aos recursos determina a distribuição das espécies em ambientes heterogêneos (Kroon, 2005; Kelly; Goulden, 2008; Vieira *et al.* 2012). Era esperado que indivíduos na face norte (com maior intensidade de irradiância) apresentassem menor plasticidade fenotípica (Sanchez-Gomez *et al.* 2008), pois indivíduos em ambientes mais estressantes são menos plásticos em relação aos que habitam ambientes mais xéricos (estressantes) (Valladares *et al.* 2007). Os indivíduos mais plásticos deste estudo (*Genipa americana*) indica a maior capacidade de se ajustar em ambientes méxicos, a alta plasticidade dos indivíduos desta espécie pode indicar que esta espécie teve que se ajustar a um ambiente diferente, uma vez que esta espécie está grandemente associada em áreas brejosas/úmidas (Carvalho, 2008). Entretanto, alta plasticidade pode reduzir o desempenho espécies em ambientes estressantes justamente pelo custo de energia direcionada para a alta plasticidade (Bongers, 2017). Contudo, o oposto a esta resposta foi observado para os indivíduos menos plásticos (*Schinus terebinthifolia*), uma vez que essa espécie é considerada resistente a ambientes estressantes (Neves *et al.* 2016). Maiores valores do índice de

plasticidade na face sul para *Vitex polygama* sugere que os indivíduos desta espécie sejam capazes de se aclimatarem em ambientes com diferentes espectros de irradiância (Silva, 2010). Isso é uma característica de espécie intermediária no estágio sucessional, que pode colonizar ambientes com menor ou maior intensidade de irradiância (Silva, 2010).

Há estudos que comprovam que espécies pioneiras, secundárias iniciais e tardias apresentam ajustes às variações da irradiância, não sendo relacionadas ao grupo sucessional (Rozendaal *et al.* 2006; Souza *et al.* 2009), mas às diferenças interespecíficas (Oguchi *et al.* 2005). Diferente de alguns estudos que sugerem que espécies pioneiras são mais plásticas (Valladares; Niinemets, 2008; Gaburro *et al.* 2014), este estudo não corroborou tal expectativa. Contudo, isto pode ter sido ocasionado pela baixa amostragem dos diferentes grupos sucessionais. Embora a plasticidade fenotípica seja vista como favorável durante situações flutuantes ou sob condições estressantes (Nicrota *et al.* 2010), baixa plasticidade também pode ser benéfica, pois está associada ao melhor desempenho das plantas durante as condições estressantes. Os indivíduos com baixa plasticidade (*Schinus terebinthifolia*) apresentou maiores valores para o atributo FV/FM e o oposto foi observado para os indivíduos mais plástica no período seco (*Genipa americana*). Assim, podemos sugerir que a capacidade de se ajustar em relação à irradiância não está necessariamente relacionado ao grupo sucessional, e sim as respostas interespecíficas.

Sendo assim, para o sucesso da gestão de projetos de ocupação florestal adequada para cada vertente do relevo, torna-se importante a correta avaliação do ambiente de cultivo (Durigan, 2011). *Schinus terebinthifolia* é uma das espécies encontrada em Floresta Ombrófila Densa em áreas de início de sucessão, corroborando com a baixa plasticidade desta espécie, indicando assim o seu bom desempenho em condições estressantes na fase inicial do plantio (Melo *et al.* 2007). Neste cenário, a espécie é amplamente utilizada em projetos de restauração ecológica, devido suas características

pioneiras e intolerante à sombra (Durigan *et al.* 2002; Melo *et al.* 2007). Assim resistindo os estresses na fase inicial do plantio, sendo capaz de apresentar polinização por abelhas e dispersão do tipo zoocórica, favorecendo a resiliência no ambiente (Guedes-Bruni, 1998; Rodrigues *et al.* 2004). Sendo assim, com os resultados deste estudo, esta é uma das espécies consideradas favoráveis para a fase inicial de plantio, podendo levar o aumento do sucesso de projetos de restauração juntamente com outras espécies tolerantes com o intuito de agregar mais biodiversidade ao ambiente.

Com isso, a restauração ambiental faz-se importante para garantir a biodiversidade local e um equilíbrio entre a flora e a fauna (Chazdon *et al.* 2010). *Schinus terebinthifolia* têm uma boa dispersão por pássaros, o que favorece a colonização e estabelecimento em áreas em processo de sucessão espontânea, além de atrair ave-fauna para a área enriquecendo o ambiente com outras espécies, ocorrendo desde restinga até florestas pluviais semidecídua (Lorenzi, 2002). Tal espécie se destaca na recuperação de áreas degradadas e em programadas de reflorestamento (Kageyama; Gandara, 2000). *Schizolobium parahyba* por apresentar rápido desenvolvimento é uma espécie indicada para plantações com potencial em reabilitação de áreas degradadas por apresentar capacidade de produção e dispersão anemocórica de sementes, um papel importante na sucessão secundária em florestas tropicais (Terezo; Szücs, 2010). *Cordia superba* com dispersão por mamíferos (aves e morcegos) proporcionando a atração da fauna e conseqüentemente chegada de novos propágulos (Carvalho, 2010). *Cecropia glaziovii* muito usada em estágios iniciais de recuperação, produz um fruto rico em energia e apreciado pelas aves, que têm papel fundamental no reflorestamento, pois dispersam as sementes por onde voam e se refugiam (Pereira, 2010). *Ceiba speciosa* é amplamente usada em plantios de restauração de ecossistemas degradados, apresenta dispersão anemocórica facilitando a propagação de novas espécies no ambiente (Carvalho, 2003).

Citharexylum myrianthum é utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, apresentando dispersão por pássaros como também por mamíferos, em especial os primatas (Carvalho, 2004). *Vitex polygama* apresenta dispersão zoocórica (Carvalho, 2004). *Genipa americana* é utilizada em plantios mistos em áreas degradadas e brejosas de preservação permanente, contribuindo com a restauração ambiental, pois fornece abundante alimentação com seus frutos para a fauna local (Valeri; Puerta da Cruz, 2003). Assim, a dispersão resulta em disseminação das espécies e disponibilidade de recursos para a fauna local, indicando um papel fundamental em programas de restauração ambiental, portanto, torna-se um ponto chave na determinação de padrões estruturais dos ecossistemas (Cornelissen *et al.* 2003).

7 CONCLUSÃO

Neste estudo foi observada diferença fisiológica entre indivíduos a depender do período do ano e da face de exposição solar do morrote, com indicativos de estresse mais evidentes nos indivíduos da face norte no período seco. O atributo mais responsivo as condições de estresse foi o pigmento fotoprotetor carotenóides. Desta forma, projetos de restauração em morrotes no hemisfério sul deveriam levar em consideração, principalmente na face norte, a seleção de espécies resistentes ao estresse fotoinibitório e que invistam em recursos para minimizar tal dano na maquinaria fotossintética.

Observamos diferenças sazonais neste estudo, sendo os principais atributos a evidenciar estas diferenças as razões FV/FM e FV/F0, sempre apresentando menores valores no período seco. Assim, podemos sugerir que a baixa disponibilidade hídrica refletiu em um menor rendimento da eficiência fotoquímica para várias espécies. Em áreas abertas e degradadas de morrotes, a recomendação é que plantios ocorram preferencialmente durante o período chuvoso.

Dentro do universo de espécies estudadas, podemos sugerir que a plasticidade fenotípica foi espécie-específica, com cada espécie respondendo de maneira singular ao custo de sua plasticidade para se desenvolver frente a heterogeneidade espacial em morrotes.

8 REFERÊNCIAS

- Abreu, R. C. R. De. Santos, F. F. DE M. Durigan, G. Changes in plant community of Seasonally Semideciduous Forest after invasion by *Schizolobium parahyba* at southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, v. 54, p. 57–64, 2014.
- Agostini, K. & M. Sazima. Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no campus da Universidade Estadual de Campinas, estado de São Paulo, Brasil. *Bragantia* 62: 335-343. 2003.
- Almeida, L. P. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez submetidas a níveis de radiação solar. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000100013>. 2004.
- Almeida, S.M.Z. Soares, A.M. Castro, E.M. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. *Ciência Rural* 35:62–68. 2006.
- Almeida, D. S. de. (2016). *Recuperação Ambiental da Mata Atlântica*. (p. 6). 3. ed. Ilhéus-ba: Editus. Publicado por Scielo. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-03.pdf>.
- Alvarez-Buylla, E.R. & Martinez-Ramos, M. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree – na evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical rain forests. *Journal of Ecology*, n. 80. p 275-290. 1992.
- Amaral, W.A.N. Antiquiera, L.M.O.R. Horbach, M.A. Frutificação e ecologia da germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae). *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.4, n.3, p. 207-215. 2013.
- Andrade, M.A.R.de. Biologia da polinização da espécie arbórea *Cytherexylum mirianthum* Cham (Verbenaceae), polinizadores e utilização do recurso floral pelos visitantes. Tese. Universidade de Campinas. 90 p. 2001.
- Auld, J. R.; Agrawal, A. A.; Relyea, R. A. Re-evaluating the costs and limits of adaptive phenotypic plasticity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 277, n. 1681, p. 503–511, 22 fev. 2010.
- Azevedo, C. F. Quirino, Z. G.M. Bruno, R.L.A. Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia* Raddi, Anacardiaceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.17, n.1, p.26-35. 2015

- Barroso, G.M. Morim, M.P. Peixoto, A.L. Ichaso, C.L.F. Frutos e sementes – morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora UFV, Viçosa. 1999.
- Bastos, S. S. Estresse hídrico e ácido abscísico em mudas de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms: ecofisiologia e anatomia foliar. 85 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.
- Bazzaz, F.A. Pickett, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Ann Rev Ecol Syst* 11:287–310. 1980.
- Bellard, C. Leclerc, C. Leroy, B. Bakkenes, M. Veloz, S. Thuiller, W. Courchamp, F. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecol. Biogeogr.* v.23, p.1376–1386. <https://doi.org/10.1111/geb.12228>. 2014.
- Beneragama, C.K. Goto, K. Chlorophyll a: b Ratio Increases Under Low-light in ‘Shade-tolerant’ *Euglena gracilis*. *Tropical Agricultural Research* Vol. 22 (1): 12 – 25. 2010.
- Bianchetti, A. Ramos, A. Quebra de dormência de sementes de guarapuvu (*Schizolobium parahyba* (Vellozo) Blake). *Boletim de Pesquisa Florestal*, n. 3, p. 69–76, 1981.
- Björkman, O. Demmig, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170:489-504, 1987.
- Bolhàr-Nordenkamp, F. H. R. Long, S. P. Baker, N. R. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology* 3:497- 514, 1989.
- Bongers, F.J. Olmo, M. Lopez-Iglesias, B. Anten, N.P.R, & Villar, R. Respostas à seca, plasticidade fenotípica e sobrevivência de espécies mediterrâneas em dois locais microclimáticos diferentes. *Plant Biology*, 19 (3), 386–395. 2017.
- Cabral D.C. Fiszon J.T. Padrões sócio-espaciais de desflorestamento e suas implicações para a fragmentação florestal: Estudo de caso na Bacia do Rio Macacu, RJ. *Sci For Sci* 13–24. 2004.
- Cáceres, N.C. et al. Diet of two marsupials, *Lutreolina crassicaudata* and *Micoureus demerarae*, in a coastal Atlantic Forest island of Brazil. *Mammalia*. 66 (3). 2002. p 331-340. CARUSO, Mariléa M.L. O Desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos Dias Atuais. 2a.ed. Editora da UFSC. Florianópolis. SC. 1990.

- Camejo, D. Torres, W. High temperature effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) pigment and protein content and cellular viability. *Cultivos Tropicales*, v. 22, n. 3, p. 13-17. 2001.
- Campostrini, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. Disponível em: <www.uenf.br/downloads/ApostiladeFluorescencia.pdf>. 2001.
- Carvalho, F.A.; Nascimento, M.T. & Braga, J.M.A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). *Revista Árvore* 31: 717- 730. 2007.
- Carvalho, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Colombo. 640 p. 1994.
- Carvalho, P. E. R. Guapuruvu. Circular técnica, n.104. Colombo: Embrapa Florestas. 2005.
- Carvalho, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 691-698. 2003.
- Carvalho, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Florestas, 1039p. 2004.
- Carvalho, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003.
- Carvalho, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v.4. 2010.
- Carvalho, P.E.R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Florestas. 2008.
- Carvalho-Sobrinho, J.G. *Ceiba in Flora do Brasil 2020*. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. **2020**.
- Chazdon, R. Finegan, B. Capers, R.S. Salgado-Negret, B. Casanoves, F. Boukili, V, et al. Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 42, 31–40. 2010.
- Cicero, C. Dalmo. L. Hermínia, E.P.M. Paulo, R.C. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. *Revista Brasileira de Fruticultura*– SP. 34(4), 1245- 1255. 2012.

- Close, D. C. A review of ecophysiologicaly-based seedling specications for temperate Australian eucalypt plantations. *New Forests*, Sydney, v. 43, n. 5-6, p. 739-753, 2012.
- Cornelissen, J.H.C.A.; Lavorel, S.B.; Garnier, E.B.; Díaz, S.C.; Buchmann, N.D.; Gurvich, D.E.C.; Reich, P.B.E.; Steege, H.F.; Morgan, H.D.G.; Van Der Heijden, A.M.G.A.; Pausas, J.G.H. & Poorter, H.I. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335- 380. 2003.
- Cunha, R. L. M.; Filho, B. G. S.; Costa, R. C. L.; Viégas, I. J. M. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. *Revista Ciências Agrárias*, v.56, n.3, p.255-260, 2013.
- de Souza, C. dos Santos, V. Ferreira, M. Gonçalves, J. BIOMASSA, CRESCIMENTO E RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS JOVENS DE *Bertholletia excelsa* BONPL. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE IRRADIÂNCIA. *Ciência Florestal*, 27(2), 557-569. 2017.
- De Souza, R. D. N. Reis, T. V. Extração e isolamento de fungos endofíticos da aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Revista Cientefico*, v. 18, n. 38, p. 105-120. 2018.
- De Souza, R. P.; Válio, I. F. M. Seed size, seed germination, and seedling survival of brazilian tropical tree species differing in successional status. *Biotropica*, v. 33, n. 3, p. 447–457, 2001.
- Donatti, C.I. Guimarães, P.R. Galetti, M. Pizo, M.A. Marquitti, F.M. Dirzo, R. Análise de uma rede hiper-diversa de dispersão de sementes: modularidade e mecanismos subjacentes. *Ecology Letters*. 14 (8): 773-781. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01639.x>. PMID: 21699640. 2011.
- Durigan, G. et al. Sementes e Mudanças de Árvores Tropicais. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica. 2ª ed. 65p. 2002.
- Durigan, G. Diagnóstico y control de plantas invasoras en las áreas protegidas del Estado de Sao Paulo, Brasil. *Boletín de la Red Latinoamericana Para el Estudio de Plantas Invasoras*, v. 1, n. 1, p. 11-16, 2011.

- Engel, V.L. Poggiani, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, Jun. 1991.
- Esposti, M. S. O. D. Estresse hídrico em duas espécies arbóreas de diferentes estágios sucessionais. 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, 2013.
- Favaretto, V. F. Martinez, C. A. Soriani, H. H. & Furriel, R. P. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. *Environmental and Experimental Botany*, v.70, n.1, p.20-28, 2011.
- França, F. *Vitex* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. **2020**.
- Gaburro, T. A.; Zanetti, L.V.; Gama, V. N.; Milanez, C. R. D.; Cuzzuol, G. R. F. Physiological variables related to photosynthesis are more plastic than the morphological and biochemistry in non-pioneer tropical trees under contrasting irradiance. *Brazilian Journal of Botany*, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 39-49, DOI: 10.1007/s40415-014-0113-y. 2014.
- Gaglioti, A.L.; Aguiar, D.P.P. *Cecropia* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. 2020.
- Gandolfi, S. Leitão Filho, H. Bezerra, C.L.F. Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de mata mesófila semidecídua de encosta, no município de Guarulhos – SP. *Revista brasileira de botânica*, v.55, n.4, p. 753-767. 1995.
- Genty B. Briantais J.M. Baker N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. – *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* 990: 87-92. 1989.
- Gomes, M. *Genipa* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. **2020**.

- Gómez, J.M. Valladares, F. Puerta-Piñero, C. Differences between structural and functional heterogeneity caused by seed dispersal. *Functional Ecology* 18: 787–792. 2004.
- Gonçalves, J.F.C. Barreto, D.C.S. Santos Junior, U.M. Fernandes, A.V. Sampaio, P.T.B. Buckeridge, M.S. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.17, p.325- 334, 2005.
- Gonçalves, R.D.C. Avaliação do efeito da face de exposição solar sobre o crescimento de plantios comerciais de *Eucalyptus* sp na região sudoeste do estado de São Paulo. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, p 91. 2005.
- Grossnickle, C.S. Seedling establishment on a forest restoration site – An ecophysiological perspective. *Reforesta* 6:110-139. 2018.
- Guedes-Bruni, R. R. Composição, estrutura e similaridade florística de dossel em seis unidades de Mata Atlântica no Rio de Janeiro. Tese de doutorado, Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.
- Guimarães, T.G. Fontes, P.C.R. Pereira, P.R.G. Alvarez, V.V.H. Monnerat, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia* 58: 209-216. 1999.
- Hendry, G.A.F. Price, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F. Grime, J.P. (Eds.) *Methods in comparative plant ecology*. London: Chapman & Hall, p.148-152. 1993.
- Holdaway, MR. The relation between tree diameter growth and climate in the Lake State. USDA Forest Service NC General Technical Report :490-497. 1987.
- Kageyama, P.Y. Gandara, F.B. Recuperação de áreas ciliares. Pp. 249-269. In: R.R. Rodrigues & H. Leitão Filho (org.). *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. São Paulo, EDUSP. 2000.
- Kelly, A. E., & Goulden, M. L. Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(33), 11823-11826. 2008.
- Kitajima, K. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: S. S. Mulkey, R. L. Chazdon e A. P. Smith (Eds) *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman & Hall, New York, p. 559-597. 1996.

- Kozlowski, T. Kramer, P. J. Pallardy, S. G. The physiological ecology of woody plants. London: Academic Press, 657p. 1991.
- Krause, G. H. Weis, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.
- Kroon, H., Huber, H., Stuefer, J. F., & Van Groenendael, J. M. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. New phytologist, 166(1), 73-82. 2005.
- Lage-Pinto, F.; Bernini, E.; Oliveira, J, G.; Vitória, A, P. Photosynthetic analyses of two native Atlantic Forest species in regenerative understory of eucalyptus plantation. Brazilian Journal Plant Physiology, v.24, n.2, p.95-106, 2012.
- Lichtenthaler, H. K. Miehe, J. A. Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress. Trends in Plant Science, v.2, p.316-320, 1997.
- Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Meth. Enzimol, 148, 350-382. 1987.
- Liu, C. Liu, Y. Guo, K. Fan, D. Li, G. Zheng, Y. Yu, L. Yang, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. Environmental and Experimental Botany, 71, 174-183, 2011.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, volume 1. 4. Ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum. 2002
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas nativas do Brasil. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 368. 2014.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Plantarum. 1992.
- Manhães, M. A. Dieta e comportamento alimentar de traupíneos (Passeriformes: Emberizidae) no Parque Estadual do Ibitipoca, MG. Dissertação. USP. São Paulo, 90 p. 2001.
- March, R. Clark, L.G. Sun-shade variation in bamboo (Poaceae: Bambusoideae) leaves. Telopea 13:93–104. 2011.
- Matheus, M. T.; Lopes, J. C. Termoterapia em Sementes de Guapuruvú (*Schyzolobium parahyba* (Vell.) Blake). Revista Brasileira de Biociências, v.5, p.330-332, 2007.

- Melo, A. C. G. & Durigan, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale Paranapanema. *Scientia Forestalis* 73: 101-111. 2007.
- Mendiburu, F. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R Package version 1.3-3: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>. 2020.
- Miller, P.C. Poole, D.K. Miller, P.M. The influence of annual precipitation, topography, and vegetative cover on soil moisture and summer drought in Southern California. *Oecologia* 56:385–391, 1983.
- Miner, B.G. Sultan, S.E. Morgan, S.G. .Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends Ecol Evol* 20:685–692. doi: 10.1016/j.tree.2005.08.002. 2005.
- Moeslund, J. E. L. Arge, P. K. Bøcher, T. Dalgaard, and J. C. Svenning. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity pattern. *Nordic Journal of Botany* 31:129–144. 2013.
- Monteiro, D. R. Melo, H. F. Lins, C. M. T. Dourado, P. R. M, Santos, H. R. B. Souza, E. R. Chlorophyll *a* fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline water, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n 10, p. 673-678, 2018.
- Moura, A.R.D. Nogueira, R.J.M.C. Silva, J.A.A.C. Lima, T.V.D. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. *Ciências Florestal*, v.26, n.2, p.345-354. 2016.
- Moura, F. D. B. P., J. M. M. Duarte & R. P. de Lyra Lemos. Floristic composition and dispersal syndromes at an urban remnant from the Atlantic forest in Brazilian Northeast-*Acta Scientiarum. Biological Sciences* 33(4): 471-478. 2011.
- Münzbergová, Z. Kosová, V. Schnáblová, R. Rokaya, M. Synková, H. Haisel, D. Wilhelmová, N. Dostálek, T. *Plant Origin, but Not Phylogeny, Drive Species Ecophysiological Response to Projected Climate. Frontiers in Plant Science*, 11. doi:10.3389/fpls. 2020.
- Myers, N. Mittermeier, R.A. Mittermeier, C.G. da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. Hotspots de biodiversidade para prioridades de conservação . *Nature*, 403 (6772), 853– 858. <https://doi.org/10.1038/35002501>. 2000.

- Neves, E. J. M. Santos, A. M. Gomes, J. B.V. Ruas, F. G. Ventura, J.A. Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimenta-rosa. Colombo: Embrapa Florestas, 24p. 2016.
- Nicotra, a B. Atkin, O.K. Bonser, S.P. Davidson, a M. Finnegan, E.J. Mathesius, U. Poot, P. Purugganan, M.D. Richards, C.L. Valladares, F. Van Kleunen, M. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, 15, 684–92. 2010.
- O’Leary, N.; Thode, V.A. *Citharexylum* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. **2020**.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K.; Hirose, T. Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. *Plant, Cell & Environment*, v. 28, n. 7, p. 916-927, DOI: 10.1111/j.1365-3040.2005.01344.x. 2005.
- Ottander, C. Campbell, D. Öquist, G. Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris*. *Planta*, 197, 176-183. 1995.
- Owens, T. G.; Falkowski, P. G.; Whitedge, T. E. Diel periodicity in cellular chlorophyll content in marine diatoms. *Marine Biology*, v. 59, n. 2, p. 71-77, 1980.
- Pereira, A. B.; Putzke, J. Dicionário brasileiro de botânica. Curitiba: CRV, 2010.
- Pereira, W. E.; Siqueira, D. L.; Martinez, C.; Puiatti, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. *Journal of Plant Physiology*, Oxford, v. 157, p. 513-520, 2000.
- Pérez-Harguindeguy, N. Díaz, S. Garnier, E. Lavorel, S. Poorter, H. Jaureguiberry, P. Bret-Harte, M.S. Cornwell, W.K. Craine, J.M. Gurrich, D.E. Urcelay, C. Veneklaas, E.J. Reich, P.B. Poorter, L. Wright, I.J. Ray, P. Enrico, L. Pausas, J.G. De Vos, A.C. Buchmann, N. Funes, G. Quétier, F. Hodgson, J.G. Thompson, K. Morgan, H.D. Ter Steege, H. Van der Heijden, M.G.A. Sack, L. Blonder, B. Poschlod, P. Vaieretti, M.V. Conti, G. Staver, A.C. Aquino, S. Cornelissen, J.H.C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167-234. 2013.

- Poorter, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth for rain forest tree species. *Functional Ecology*, Oxford, v. 15, n. 1, p. 113-123, DOI: 10.1046/j.1365-2435.2001.00503. 2001.
- Porto de Carvalho, J. R. Delgado Assad, E. Medeiros Evangelista, S. R. & da Silveira Pinto, H. Estimation of dry spells in three Brazilian regions—Analysis of extremes. *Atmospheric Research*, v.132, p.12-21, 2013.
- Primo, P. B. & Volker, C. M. Bacias hidrográficas dos rios São João e das Ostras – águas, terras e conservação ambiental. Consórcio Intermunicipal Lagos São João, Rio de Janeiro, 115p. 2003.
- Ranjbar, A. Comparative study on the effects of water stress and rootstock on photosynthetic function in pistachio trees. *Journal of Nuts*. 8(2),151-159. 2017.
- Reid, D. M. Beall, E. D.; Pharis, R. P. Environmental cues in plant growth and development. In: STEWARD. F. C. (Ed). *Plant Physiology*. San Diego: Academic Press, v.10, p. 65-181. 1991.
- Reis, F.; Campostrini, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de amoeiro. *Revista Brasileira Agrociência*, v. 17, n. 3, p. 284-295, 2011.
- Reis, L. C. Déficit hídrico e ácido abscísico no crescimento, metabolismo fotossintético e antioxidante em mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.
- Rezende, C.L Scarano, F.R. E.D. Assad. C.A. Joly, J.P. Metzger, B.B.N. Strassburg, M. Taberelli, G.A. Fonseca. R.A. Mittermeier. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 16, p. 208-214. 2018.
- Ribeiro, R. V. Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira 'Valência'. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, doi:10.11606/T.11.2006.tde-23082006-152138. Acesso em: 2020-11-12. 2006.
- Rodrigues, R. R. Martins, S. V. Barros, L. C. Tropical rain forest regeneration in área degraded by mining in Mato Grosso state, Brazil. *Forest Ecology and Management* 190: 323-333. 2004.

- Roháček, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning and mutual relationships. *Photosynthetica* 40(1):13-29, 2002.
- Roháček, K.; Barták, M. Tehcnique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters, and some applications. **Photosynthetica**, v. 37, n. 03, p. 339-363, 1999.
- Romão, M.V.V.; Mansano, V.F. *Schizolobium* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. 2020.
- Rossi, Z. T. T. Castro, E. M. de, Pereira, G. C. Barbosa, J. P. R. A. D. Carvalho, G. W. de A. Rossi, M. A. de L. S. & Pereira, F. J. Ecophysiological, anatomical and ultrastructural characteristics of *Vitex polygama* Cham. (Verbenaceae) submitted to different concentrations of fluoride. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 38(4), 481-489. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v38i4.31400>. 2016.
- Rozendaal, D. M. A.; Hurtado, V. H.; Poorter, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light: relationships with demand and adult stature. *Functional Ecology*, Oxford, v. 20, n. 2, p. 207-216, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2006.01105.x.
- Sales, R. Amaro de. Nascimento, T. Almeida do; Silva, T. Agapito da; Berilli, S. da Silva; Santos, R. Argolo dos. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus Terebinthifolius* Raddi. *Scientia Agraria*, v. 18, n. 4, p. 99-106, 2017.
- Sanchez-Gomez, D. Zavala, M.A. Valladares, F. Functional traits and plasticity linked to seedlings performance under shade and drought in Mediterranean woody species. *Annals of Forest Science*, 65, 1–15. 2008.
- Scarano, F. Structure, Function and floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of botany*, v.90, p. 517-524. 2002.
- Silva, A. G. Unidades de Conservação como política de proteção à biodiversidade: uma caracterização perceptiva de grupos sócio culturais do entorno da APA do Catolé e Fernão Velho, Estado de Alagoas. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. UFA, p- 20-35. 2006.

- Silva, A. S.; Oliveira, J. G.; De Cunha, M.; Vitória, A. P. Photosynthetic performance and anatomical adaptations in *Byrsonima sericea* DC. Under contrasting light conditions in a remnant of the Atlantic forest. *Brazilian Society of Plant Physiology*, 22(4): 245-254. 2010.
- Silva, L.A. Plasticity and leaf acclimation to light irradiance in Atlantic Forest species. (Doctoral thesis, Federal University of Viçosa, Brazil). Retrieved from <https://locus.ufv.br/handle/123456789/362>. 2010.
- Silva-Luz, C.L. Pirani, J.R. Pell, S.K. Mitchell, J.D. *Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020*. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14045>>. Acesso em: 01 mar. 2021. 2020.
- Soares, M.C.C. Benusan, N. Ferreira-Neto, P.S. Entorno de Unidades de Conservação: estudo de experiências em UC's de proteção integral. 2 ed. Rio de Janeiro: FUNBIO, 112 p. 2004.
- Souza, C. M.; Ribeiro, R. V.; Prado, C. H.; Damineli, D. S. C.; Sato, A. M.; Oliveira, M. S. Using network connectance and autonomy analyses to uncover patterns of photosynthetic responses in tropical wood species. *Ecological Complexity*, v. 9, p. 15-26, 2009. DOI: 10.1016/j.ecocom.2008.10.002. 2009.
- Souza, G. M. et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. *Acta Bot. Bras.* SP. v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009.
- Souza, G.M.; Balmant, B.D.; Vítole, H.F.; Gomes, K.B.P.; Florentino, T.M.; Catuchi, T.A.; Vieira, W.L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. *Acta bot. bras.* 23(2): 474-485. 2009.
- Souza, V.C. *Citharexylum myrianthum* Cham. Re flora, 2014.
- Stapf, M.N.S. *Cordia in Flora do Brasil 2020*. 2020.
- Streit, N.M. Canterle, L.P. Canto, M.W. Hecktheuer, L.H.H. As clorofilas. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.748-755. 2005.
- Suding, K. N. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 42: 465– 487. 2011.

- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 5a ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- Terezo, R.F. & Szücs, C.A. 2010. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de Paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke). *Scientia Forestalis*, 38(87): 471-480. 2010.
- Thompson, W.A.; Huang, L.K. & Kriedemann, P.E. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. II. Leaf gas exchange and component processes of photosynthesis. *Australian Journal of Plant Physiology* 19:19-42. 1992.
- Trovão, D. M. B. M.; Fernandes, P. D.; Andrade L. A.; Neto J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.3, p.307-311, 2007.
- Tuomisto, H. & Ruokolainen, K. Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science* 5(1): 25-34. 1994.
- Valeri, V.S. Puerta, R. da Cruz, M.C.P. Effects of soil phosphorus on initial development of *Genipa americana* L. *Scientia Forestalis*, n.64, p.69-77. 2003.
- Valladares, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. *Tree Physiology*, v. 25, n. 8, p. 1041–1052, 1 ago. 2005.
- Valladares, F. Gianoli, E. Gómez, J. M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist*, v.176, n.4, p. 749-763. 2007.
- Valladares, F. Pearcy, R.W. Drought can be more critical in the shade than in the sun: a field study of carbon gain and photoinhibition in a Californian shrub during a dry El Niño year. *Plant Cell Environ* 25:749–759. 2002.
- Valladares, F. Sánchez-Gómez, D. Ecophysiological traits associated with drought in Mediterranean tree seedlings: individual responses versus interspecific trends in eleven species. *Plant Biology*, 8, 688–97. 2006.
- Valladares, F. Wright, S.J. Lasso, E. Kitajima, K. Pearcy, R.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. *Ecology* 81: 1925–1936. 2000.
- Valladares, F.; Niinemets, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 39, p. 37-257, DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506. 2008.

- Van kooten, O. Snel, J.F.H. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynth. Res.* 25, 147- 150. 1990.
- Vaz, M. Pereira, J.S. Gazarini, L.C. David, T.S. David, J.S. Rodrigues, A. Maroco, J. Chaves, M.M. Drought-induced photosynthetic inhibition and autumn recovery in two Mediterranean oak species (*Quercus ilex* and *Quercus suber*). *Tree Physiology*, v.30, p.946–956, 2010.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro. 112 pp. 1991.
- Vieira, G. Gap dynamics in managed Amazonian forest: Structural and ecophysiological aspects. 162f. Tese (Doutorado em Ecologia Tropical) - University of Oxford, Grã-Bretanha. 1996.
- Vieira, T.O. Irradiância e estratégias ecofisiológicas: uma abordagem funcional para a conservação da floresta atlântica. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ. 2018.
- Vieira, T.O. Lage-Pinto, F. Ribeiro, D.R. Alencar, T.S. Vitória, A.P. Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*, Lecythidaceae): monitoramento da capacidade de aclimação fotossintética sob dias intensidades luminosas. *Vértices*, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n.3, p.129- 142, 2012.
- Vitória, A.P., Alves, L.F. & Santiago, L.S. Atlantic forest and leaf traits: an overview. *Trees* v. 33, p. 1535–1547. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01864-z>. 2019.
- Weis, E. Berry, J.A. Quantum efficiency of photosystem II in relation to ‘energy’ – dependent quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, Amsterdam, v. 894, p. 198-208, 1987.
- Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with 35 spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144(3):307-313. 1994.
- Wickham, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-verlag New York. 2016.
- Wiens, J. A. Wildlife in patchy environments: Metapopulations, mosaics, and management. -In: McCullough, D. R. (ed.), *Metapopulations and wild life conservation*. Island Press, Washington, pp. 53-84. 1996.

- Zanandrea, I. Nassi, F. L. Turchetto, A. C.; Braga, E. J. B. Peters, J. A. Bacarin, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.
- Zappi, C. D. THE BRAZIL FLORA GROUP et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* [online]. 2015, vol.66, n.4, pp.1085-1113. ISSN 2175-7860. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>. 2015.

9 ANEXOS

Anexo 1. Média e desvio padrão dos atributos analisados de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica em área de restauração florestal na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Maiores valores foram representados na cor azul e menores valores representados na cor cinza.

| Atributos | <i>Ceiba speciosa</i> | <i>Genipa americana</i> | <i>Cecropia glaziovii</i> | <i>Citharexylum myrianthum</i> | <i>Cordia superba</i> | <i>Schinus terebinthifolia</i> | <i>Schizolobium parahyba</i> | <i>Vitex polygama</i> |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Clorofila <i>a</i> | 36,31 ± 6,72 | 36,44 ± 11,51 | 48,4 ± 10,37 | 36,04 ± 8,22 | 32,8 ± 7,70 | 39,57 ± 6,23 | 43,79 ± 12,20 | 31,43 ± 8,68 |
| Clorofila <i>b</i> | 24,13 ± 4,09 | 24,26 ± 8,38 | 32,56 ± 7,80 | 22,51 ± 5,24 | 21,83 ± 6,26 | 36,44 ± 6,96 | 30,2 ± 8,70 | 20,44 ± 5,48 |
| Carotenóides | 10,3 ± 1,95 | 14,20 ± 3,82 | 12,37 ± 2,10 | 11,94 ± 2,23 | 8,9 ± 2,78 | 7,89 ± 2,57 | 9,09 ± 1,92 | 9,85 ± 3,63 |
| Clorofila <i>a/b</i> | 1,51 ± 0,15 | 1,51 ± 0,10 | 1,49 ± 0,09 | 1,60 ± 0,06 | 1,52 ± 0,13 | 1,09 ± 0,13 | 1,45 ± 0,08 | 1,53 ± 0,06 |
| Clorofila total/Carotenóides | 5,97 ± 1,06 | 4,34 ± 1,15 | 6,73 ± 1,97 | 4,01 ± 1,28 | 6,75 ± 3,20 | 10,68 ± 4,44 | 8,2 ± 1,73 | 5,6 ± 1,53 |
| Clorofila total | 60,45 ± 10,3 | 60,70 ± 19,82 | 80,97 ± 18,08 | 58,55 ± 13,43 | 54,63 ± 13,6 | 76,01 ± 12,08 | 74 ± 20,81 | 51,9 ± 14,14 |
| Teor de cor verde | 34,68 ± 4,65 | 42,21 ± 10,67 | 42,38 ± 7,04 | 37,58 ± 8,39 | 30,1 ± 3,78 | 44,34 ± 4,92 | 49,15 ± 10,02 | 27,95 ± 6,06 |
| F0/FM | 0,21 ± 0,06 | 0,26 ± 0,06 | 0,2 ± 0,04 | 0,22 ± 0,05 | 0,27 ± 0,08 | 0,19 ± 0,04 | 0,19 ± 0,04 | 0,22 ± 0,05 |
| FV/FM | 0,76 ± 0,18 | 0,719 ± 0,07 | 0,77 ± 0,06 | 0,75 ± 0,07 | 0,7 ± 0,10 | 0,78 ± 0,17 | 0,78 ± 0,05 | 0,77 ± 0,05 |
| FV/F0 | 3,65 ± 1,16 | 2,89 ± 0,90 | 3,99 ± 1,09 | 3,48 ± 1,09 | 2,84 ± 1,24 | 3,99 ± 1,08 | 4,28 ± 1,10 | 3,46 ± 0,83 |
| qP | 0,96 ± 0,02 | 0,88 ± 0,08 | 0,92 ± 0,04 | 0,93 ± 0,04 | 0,85 ± 0,10 | 0,96 ± 0,01 | 0,95 ± 0,49 | 0,88 ± 0,45 |
| NPQ | 0,07 ± 0,02 | 0,09 ± 0,04 | 0,04 ± 0,01 | 0,07 ± 0,01 | 0,09 ± 0,04 | 0,1 ± 0,09 | 0,06 ± 0,04 | 0,12 ± 0,08 |

Anexo 2. Valores de *r* e *P* da correlação de Pearson entre os atributos quenching não-fotoquímico (NPQ) e concentração de carotenóides em folhas maduras de indivíduos jovens de oito espécies nativas da Mata Atlântica nas faces norte e sul durante o período chuvoso (dezembro de 2019) em área de restauração florestal na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). - ausência de análise.

| Espécie | Face | r | P |
|--------------------------------|-------------|----------|----------|
| <i>Ceiba speciosa</i> | Norte | -0.137 | 0.828 |
| | Sul | -0.727 | 0.273 |
| <i>Genipa americana</i> | Norte | -0.704 | 0.184 |
| | Sul | -0.032 | 0.96 |
| <i>Cecropia glaziovii</i> | Norte | -0.548 | 0.34 |
| | Sul | -0.533 | 0.354 |
| <i>Cytharexylum myrianthum</i> | Norte | -0.284 | 0.643 |
| | Sul | -0.502 | 0.389 |
| <i>Cordia superba</i> | Norte | 0.06 | 0.924 |
| | Sul | -0.549 | 0.339 |
| <i>Schinus terebinthifolia</i> | Norte | 0.1 | 0.884 |
| | Sul | -0.203 | 0.743 |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | Norte | -0.284 | 0.646 |
| | Sul | -0.32 | 0.6 |
| <i>Vitex polygama</i> | Norte | | |
| | Sul | 0.724 | 0.276 |