

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

THALES BRAGA CAPETINE

ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE *Myrsine coriacea* PROVENIENTES DE  
MATRIZES LOCALIZADAS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE  
ALTITUDE: IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2019

THALES BRAGA CAPETINE

ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE *Myrsine coriacea* PROVENIENTES DE  
MATRIZES LOCALIZADAS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE  
ALTITUDE: IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ciências  
Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro  
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2019

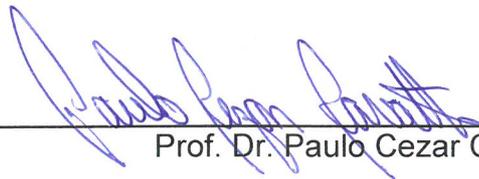
THALES BRAGA CAPETINE

ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE *Myrsine coriacea* PROVENIENTES DE MATRIZES  
LOCALIZADAS AO LONGO DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE: IMPLICAÇÕES  
PARA A RESTAURAÇÃO

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título  
de Engenheiro Florestal.

Aprovado em 22 de novembro de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



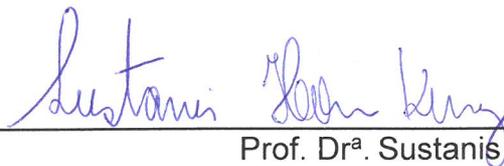
Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte / Orientador

DBIO/CCENS/UFES



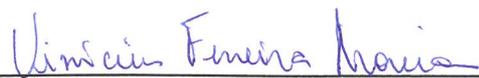
Prof. Dr<sup>a</sup>. Tatiana Tavares Carrijo / Examinadora

DBIO/CCENS/UFES



Prof. Dr<sup>a</sup>. Sustanis Horn Kunz / Examinadora

DCFM/CCAUE/UFES



MSc. Vinicius Ferreira Moreira / Examinador

DBIO/CCENS/UFES

“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo  
que cativas.”

- *O Pequeno Príncipe*

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece sinceramente a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

Aos meus pais, Fátima e Guto, por proporcionarem a realização deste sonho, pelo amor e esforço de cada dia, pela confiança depositada em mim. Devo tudo a vocês. Ao meu querido irmão, Matheus, pelo exemplo de determinação e disciplina. Apesar de estarmos tão longe, vocês estão sempre em meus pensamentos. Aos meus familiares, que estiveram presentes e compartilharam todos os momentos dessa jornada comigo.

A Universidade Federal do Espírito Santo, principalmente ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, eu agradeço o ambiente propício à evolução e crescimento, bem como a todas as pessoas que o tornam assim tão especial para quem o conhece.

À Fapes, pela concessão de um ano de bolsa, e ao Viveiro Florestal pelo suporte técnico, fundamental para execução desse trabalho.

Ao meu orientador, Paulo Cezar Cavatte, pela oportunidade, confiança, amizade e dedicação, com quem aprendi a contemplar a vida e a leveza de se viver de forma simples. À professora Tatiana Carrijo, pelo apoio, incentivo e atenção, que foram essenciais para o meu crescimento.

Aos amigos do Labot que tanto fizeram presente nessa jornada, Vinicius, Renan, Bethina, Felipe, Jhennifer, Jaque, Jessica, Josimar e Lucas, por todo apoio, atenção, campos em mata das flores e por todas as conversas que fizeram com que eu amadurecesse tanto. Obrigado pelo vício na ciência e nos cafés.

Aos meus grandes amigos de turma, João Vitor, Amanda Grilo e Amanda Milheiro, para o qual não encontro palavras suficientes que possam expressar condignamente a grandeza de sentimentos dentro de mim: gratidão, afeto, amor, respeito, admiração. Muito Obrigado!

Ao companheiro e amigo Ítalo, por estar sempre comigo e iluminar meus dias. Um agradecimento especial aos meus amigos de Alegre: Giliard, Rafa, Tamara, Carol, Marcos, Lavinia, irei sempre guardar vocês em meu coração. Um agradecimento à Elen, por me ajudar nos mapas e alegrar meus dias no estágio.

## RESUMO

A capacidade das plantas em apresentar respostas adaptativas funcionais em relação às condições ambientais é conhecida como plasticidade, podendo ser expressa pelo processo de aclimatação. À medida que as condições do ambiente mudam naturalmente, as plantas tendem a melhorar sua aptidão para o sucesso no local. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento inicial de mudas provenientes de matrizes de *Myrsine coriacea* localizadas ao longo de um gradiente de altitude, aclimatadas sob jardim comum em condição de viveiro florestal a 120 metros de altitude. O trabalho explorou o grau em que a aclimatação das mudas pode servir para a seleção de populações adequadas em programas de restauração florestal. As populações foram selecionadas ao longo de um gradiente sob amplitude na altitude variando entre 639 a 1774 metros. A seleção das populações bem como a identificação das matrizes e coleta dos frutos ocorreu no âmbito de outros trabalhos vinculados a um projeto de *Myrsine coriacea*. Os frutos foram despulpados e as sementes, colocadas para secar em ambiente natural até o período de plantio. A germinação foi realizada em bandejas contendo areia e reservadas em canteiros localizados no viveiro florestal em Jeronimo Monteiro – ES, sob sombrite 50 %. Após um período de aclimatação, as mudas foram transferidas para citropotes com capacidade de 4 litros, aclimatados à pleno sol na mesma área do viveiro. Para cada avaliação mensurou o crescimento e o padrão de alocação de biomassa das mudas. Na última avaliação as plantas foram submetidas às análises de trocas gasosas com auxílio de um sistema de fotossíntese portátil acoplado a um analisador de gás infravermelho (IRGA). Nossos resultados sugerem que, sementes coletadas de matrizes ao longo de um gradiente até 1302 m exibiram uma aptidão ao ambiente, evidenciado pelo sucesso no crescimento. Sabe-se que as mudas que exibem padrões de crescimento oportunistas, são mais bem sucedidas em ambientes a serem restaurados, principalmente a pleno sol. Nesse caso, sugerimos essas populações para restauração florestais. Por outro lado, mudas provenientes de populações arbóreas localizadas a 1774 m, não apresentaram um desempenho satisfatório. Caso o objetivo do projeto de restauração seja restaurar áreas próximas à localização da população de 1774 metros, sugerimos a instalação de um jardim comum em

condições climáticas mais amenas, ou seja, em condições de altitude mais elevadas em que as temperaturas possam auxiliar na aptidão das mudas produzidas.

Palavras-chave: Aclimação. Fisiologia de espécies tropicais. Gradiente de Altitude.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo geral .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Descrição, ocorrência e potencialidade de <i>Myrsine coriacea</i> .....	5
2.2 Gradientes de altitude da Floresta Atlântica.....	5
2.3 Qualidade de mudas florestais para restauração .....	6
2.4 Aclimação de mudas às condições tropicais .....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
3.1 Coleta de sementes.....	9
3.1.1 Inventário quali-quantitativo, caracterização das unidades populacionais e coleta de sementes. ....	9
3.2 Instalação do experimento .....	13
3.3 Aclimação das mudas à pleno sol .....	15
3.4 Análises de crescimento.....	16
3.5 Desempenho fotossintético .....	20
3.5.1 Rendimento quântico potencial do Fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) .....	20
3.5.2 Trocas gasosas.....	21
3.6 Análises estatísticas .....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1 Análise de crescimento das mudas .....	23
4.1.2 Diâmetro do coleto (DC).....	23
4.1.3 Altura (H).....	25
4.1.4 Massa seca total (MST).....	27
4.2 Indicadores fisiológicos.....	29
4.2.1 Fração de massa foliar (FMF); Fração de massa caulinar (FMC); Fração de massa radicular (FMR).....	29
4.2.2 Área foliar específica (AFE).....	32

4.2.2 Razão de área foliar (RAF) .....	34
4.2.2 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	35
4.2.2 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	37
4.3 Trocas gasosas.....	39
4.4 Ordenação entre as características funcionais .....	42
5. CONCLUSÕES .....	44
6. REFERÊNCIAS.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização das populações de <i>Myrsine coriacea</i> em estudo, número de matrizes amostradas, as coordenadas geográficas de cada ponto de coleta, a elevação média de cada localidade e a data de coleta.....	10
Tabela 2 – Parâmetros químicos avaliados segundo a análise química. Potencial hidrogeniônico (pH); fósforo (P, mg dm <sup>-3</sup> ); potássio (K, mg dm <sup>-3</sup> ); sódio (Na, mg dm <sup>-3</sup> ); cálcio (Ca, cmlc dm <sup>-3</sup> ); magnésio (Mg, cmlc dm <sup>-3</sup> ); alumínio (Al, cmlc dm <sup>-3</sup> ); hidrogênio + alumínio (H + AL, cmlc dm <sup>-3</sup> ); soma de bases (SB, cmlc dm <sup>-3</sup> ); CTC efetiva (t, cmlc dm <sup>-3</sup> ); CTC potencial (T, cmlc dm <sup>-3</sup> ) e saturação de bases (V, %). .....	15

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostragem em campo dos indivíduos arbóreos de <i>Myrsine coriacea</i> localizado no município de Alegre – ES. Fonte: Moreira, 2015. ....	9
Figura 2 - Localização geográfica das populações de <i>Myrsine coriacea</i> onde foram realizadas as coletas de sementes. Seis populações nas regiões sul e serrana do Espírito Santo e Uma na divisa com estado de Minas Gerais. Municípios de Muqui (Pop 1), Venda Nova do Imigrante (Pop 2), Vargem Alta (Pop 3), Mimoso (Pop 4), Lúna (Pop 5), Domingos Martins (Pop 6) e Alto Caparaó (Pop 7). Em destaque em vermelho a localização da área de estudo no município de Jeronimo Monteiro – ES. Fonte: O autor. ....	11
Figura 3 - Localização da área de estudo em relação ao clima segundo a classificação de Koppen (adaptado Alvares, 2013). ....	12
Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo em relação ao bioma mata atlântica na região. IBGE (2004). ....	13
Figura 5 - Localização do Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) da Universidade Federal do Espírito Santo. O ponto em vermelho representa a localização do viveiro no município de Jerônimo Monteiro, ES. Fonte: O autor. ....	14
Figura 6 - Etapas de instalação e condução do experimento em viveiro florestal, Jerônimo Monteiro – ES. Em A: semeadura das sementes de <i>Myrsine coriacea</i> em bandejas contendo areia lavada, alocados no Viveiro Florestal sob telado contendo sombrite 50%; Em B: processo de emergência das plântulas em bandejas; Em C: repicagem das plântulas para tubetes com capacidade de 280 cm <sup>3</sup> e em D: destaque do crescimento da muda em tubete de 280 cm <sup>3</sup> . Fonte: O autor. ....	15
Figura 7- Esquema de disposição das mudas proveniente das matrizes para aclimação à pleno sol em grades no viveiro florestal. Fonte: O autor. ....	16
Figura 8 - Método sistemático de seleção das mudas por tamanho para avaliação em cada época de amostragem. Em A: altura menor; Em B: altura média; Em C: altura maior. ....	17
Figura 9 - Etapa do processamento do material de cada população no viveiro florestal. Em A: separação das populações; Em B: retirada das mudas dos citropotes; Em C: Lavagem das raízes em água corrente. ....	18
Figura 10 - Etapa processamento do material no Laboratório de Botânica localizado em Alegre – CCAE – UFES. Em A: avaliação do diâmetro do coleto das mudas; Em B: avaliação da altura das mudas; Em C: avaliação da área foliar total das mudas e em D: pesagem (folha, caule e raiz) de cada muda. ....	19
Figura 11 - Etapa do processo de medida do Rendimento quântico potencial do Fotossistema II das mudas ao 180 DAT. Em A: organização das mudas por população aclimatadas ao escuro por 30 minutos. Em B: avaliação das mudas com analisador de gases infravermelho no escuro. ....	21
Figura 12 - Avaliação das mudas à pleno sol para coleta dos dados de troca gasosas. ....	22

- Figura 13 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro DC (Diâmetro do coleto). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....25
- Figura 14 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro H (Altura). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....27
- Figura 15 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro MST (Matéria seca total). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....28
- Figura 16 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMF (Fração de massa foliar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....30
- Figura 17 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMC (Fração de massa caulianar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....31
- Figura 18 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMR (Fração de massa radicular). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as

populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....32

Figura 19 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro AFE (Área foliar específica). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....33

Figura 20 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro RAF (Razão de área foliar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....34

Figura 21 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro TAL (Taxa assimilatória líquida). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....36

Figura 22 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro TCR (Taxa de crescimento relativo). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....38

Figura 23 - Parâmetros fotossintéticos [taxa de assimilatória líquida do carbono (A), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração subestomática de  $CO_2$  ( $C_i$ ), taxa transpiratória (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII ( $F_v/F_m$ ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em seis populações de *Myrsine coriacea* representadas pela zona de coleta de semente em metros. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de

cada população em função da zona de coleta de sementes, nas 3 épocas de avaliação. As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média. ....41

Figura 24 – Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica para 16 parâmetros fisiológicos atribuídos as matrizes de sete populações de *Myrsine coriacea* em jardim comum. Em A: mudas aos 60 dias após transplântio; Em B: mudas aos 120 dias após transplântio e em C: mudas aos 180 dias após transplântio. As cores representam: Preto (639 m); Cinza (851 m); Vermelha (863 m); Amarelo (917 m); Azul (1093 m); Branco (1302 m) e Verde (1774 m). DC (diâmetro do coleto); H (altura); AFT (área foliar total); AFE (área foliar específica); MST (massa seca total); FMR (fração de massa foliar); FMC (fração de massa caulinar); FMR (fração de massa radicular); TCR (taxa de crescimento relativo e TAL (taxa de assimilação líquida). ....43

## 1. INTRODUÇÃO

A restauração ecológica está sendo cada vez mais reconhecida como um dos componentes-chave para reparar danos ambientais causados por atividades antropogênicas (BUCHAROVA, 2017). O primeiro passo, e um dos mais críticos para reverter essa situação, implica em manejar os processos ecológicos para criar uma vegetação inicial em um ecossistema degradado com o plantio convencional ou a sementeira de espécies nativas como ferramenta comum de restauração (BRANCALION, 2016; LONGWORTH e WILLIAMSON, 2018).

As diretrizes gerais para a seleção do material vegetal apropriado para projetos de restauração geralmente refletem a teoria ecológica, evolutiva e genética, concentrando-se em questões como a distância entre a fonte de sementes e o local de restauração, possibilitando selecionar materiais que exibam uma aptidão ecológica no local pretendido (O'BRIEN et al., 2007; BROADHURST et al., 2008; SAMPSON e MARGARET, 2008; BREED et al., 2013). Como cada ambiente apresenta um conjunto único de condições de recrutamento, as espécies ajustam sua forma e função, alterando diretamente sua fisiologia ou morfologia para crescer e se reproduzir em diferentes circunstâncias ambientais (VIOLLE et al., 2007; JUNG et al., 2010).

A capacidade modulativa da planta frente às flutuações na disponibilidade de recursos ambientais pode ser promovida através de ajustes via plasticidade fenotípica, ou seja, a capacidade de um determinado genótipo de expressar diferentes fenótipos induzidos pela variabilidade ambiental (PIGLIUCCI et al., 2001; NICOTRA et al., 2010). Essa propriedade pode ser fundamental na sobrevivência para enfrentar ambientes contrastantes, principalmente em florestas tropicais, sendo um fator determinante na distribuição ecológica e geográfica das espécies (SOUZA e RIBEIRO, 2008; SOUZA et al., 2009; VIEIRA et al., 2012).

Baseado nos conhecimentos teóricos, há um reconhecimento crescente de que existem oportunidades para usar a fisiologia vegetal como parte de estudos para elucidar os mecanismos de aclimação fisiológica na seleção matrizes mais eficientes (ACKERLY, 2000; COOKE e SUSKI, 2008; KIMBALL, 2012). Esse conhecimento pode auxiliar no desenvolvimento e implementação de estratégias eficazes de restauração que reconheçam o papel do limite de tolerância das mudas no campo (COOKE et al., 2013). Maior integração das respostas fisiológicas na restauração

ecológica fornecerá aos profissionais informações científicas fundamentais necessárias para projetar, implementar e monitorar as atividades de restauração (CAMPOE et al, 2014; CHOWN e GASTON, 2016).

*Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult é uma espécie arbustivo-arbórea amplamente utilizada em projetos de restauração ecológica dada sua capacidade de atração da avifauna e caráter pioneiro de ocupação do espaço (DE JESUS e MONTEIRO-FILHO, 2007; PASCOTTO, 2007; GUERTA et al., 2011). Devido seu caráter generalista coloniza diversas fitofisiografias no Brasil, como no Cerrado e na Mata Atlântica, incluindo ambientes alterados (BEGNINI e CASTELLANI, 2013). Na Floresta Atlântica, é encontrada em ambientes situados a nível do mar até os campos de altitude.

Espécies atrativas à fauna, principalmente, aquelas com características zoocóricas são fundamentais no processo de sucessão florestal e restauração de áreas degradadas (BARBOSA et al., 2012). A presença desses dispersores favorece a chegada de propágulos advindos de áreas vizinhas e, assim, o estabelecimento de novas espécies (ZWIENER et al., 2014). Para o gênero *Myrsine*, a permanência no banco de sementes, em conjunto com sua ampla dispersão zoocórica tornam a espécie expressiva no início do processo de sucessão, comumente relacionada ao fechamento precoce do dossel.

Aliando os fatores ecológicos e silviculturais da espécie, a conservação e o uso pelo manejo de seus indivíduos, são uma opção promissora para fornecer subsídios na decisão de seleção de matrizes com perspectiva de obter ganhos superiores e significativos para indicação em áreas de reflorestamento. Por isso, estudos de seleção e aclimatação de mudas são importantes para identificar traços de interesse de produção.

## **1.1 O problema e sua importância**

O fornecimento adequado de sementes para restauração ecológica nunca foi tão discutido e está se tornando ainda mais desafiador e complexo à medida que os impactos são potencializados somado às mudanças climáticas (LENOIR et al., 2008; LINDNER et al., 2010). Durante décadas os profissionais de restauração aderiram ao princípio de que a coleta de materiais locais são a melhor oportunidade para recuperar

um determinado ambiente. No entanto, dada a nossa crescente capacidade de caracterizar habitats e as rápidas mudanças climáticas, não podemos assumir que as sementes de origem local são sempre a melhor ou mesmo uma opção apropriada. Discutimos como as populações de *Myrsine coriacea* respondem às mudanças nas condições do ambiente através da aclimação e como isso pode influenciar as decisões sobre o fornecimento de sementes com implicações na restauração florestal.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a aclimação de mudas provenientes de matrizes de sete populações de *Myrsine coriacea*, distribuídas ao longo de um gradiente de altitude, em condição de jardim comum.

Na busca desse objetivo, surge algumas perguntas chave: i) populações localizadas em diferentes regiões diferem na aclimação em condições do experimento? Se sim, essas diferenças dependem do local de produção das mudas? ii) Para características relacionadas ao crescimento das mudas, populações localizadas em altitudes mais baixas terão o mesmo desempenho fisiológico que populações localizadas em altitudes mais elevadas?

Para responder a estas questões escolhemos um gradiente de Floresta Atlântica como sistema de estudo, que está associado com variações nas condições edafoclimáticas e frequência de perturbações. Utilizamos uma abordagem baseada no crescimento inicial das mudas considerando a variabilidade intraespecífica para investigar como esses fatores atuam nas respostas destas populações.

Nossa hipótese é que: elevações contrastantes selecionam padrões distintos de crescimento em *Myrsine coriacea*, sugerindo que populações localizadas em altitudes mais baixas apresentem grande aclimação, com rápido ajuste para tolerar e/ou responder às condições climáticas do ambiente proposto para seu crescimento.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1) Avaliar o crescimento e o padrão de alocação de biomassa das mudas em jardim comum;
- 2) Avaliar o desempenho fotossintético por meio da taxa de assimilação líquida de carbono, condutância estomática, concentração subestomática de CO<sub>2</sub>, taxa transpiratória, eficiência fotoquímica máxima do FSII e taxa de transporte de elétrons.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Descrição, ocorrência e potencialidade de *Myrsine coriacea*

*Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult. (Primulaceae) também conhecida pelo sinônimo *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav. Mez) é popularmente denominada de capororoquinha ou capororoça. É uma espécie dioica nativa da Mata Atlântica amplamente distribuída, ocorrendo em quase todas as formações vegetais, com destaque nos processos naturais de sucessão, mais especificamente em bordas de matas e estradas de todos estados da região sudeste e sul do Brasil (FREITAS e CARRIJO, 2008; FREITAS e KINOSHITA, 2015). Seus indivíduos podem se apresentar como arbustivo-arbóreo de 4 a 10m de altura, com ramos terminais pilosos e ramificados, visivelmente revestidos por tricomas ferrugíneos (FREITAS e CARRIJO, 2008; FREITAS, 2015).

Apesar dessa espécie ter valor comercial pouco significativo, para a indústria, seu destaque está nos serviços ecológicos, devido à atração da avifauna por apresentar como característica a produção elevada de frutos, dispersos zoocoricamente (JESUS e MONTEIRO-FILHO, 2007; BEGNINI e CASTELLANI, 2013; KAMINSKI, 2013). A utilização de espécies zoocóricas consorciada em plantios de restauração é importante para a atração da fauna dispersora. (BARBOSA et al., 2012). A presença desses dispersores favorece a chegada de propágulos à área e, portanto, acelera os processos de recuperação (ZWIENER et al., 2014).

Segundo Lameira et al. (2019) a associação de *M. Coriacea* no efeito da composição em projetos de restauração pode afetar a manutenção da estrutura da comunidade e a riqueza de espécies nos locais em restauração. A disponibilidade de seus frutos, geralmente atraídos pela fauna local sugere o principal efeito para aumentar a chuva de sementes e subsequentemente, acelerar a abundância de espécies no local o que a torna com potencial para nuclear a expansão de manchas florestais (JESUS e MONTEIRO-FILHO, 2007).

### 2.2 Gradientes de altitude da Floresta Atlântica

A Mata Atlântica, uma das maiores florestas tropical úmidas do mundo, apresenta uma condição ambiental extremamente heterogênea (RIBEIRO et al., 2009). O local de ocorrência deste bioma apresenta uma variação topográfica (do

nível do mar até 2.900 metros de altitude), abrangendo uma ampla gama formações de vegetação tropical e subtropical (TABARELLI et al., 2005).

As mudanças elevacionais determinam uma combinação complexa de variáveis climáticas que se correlacionam com vários outros fatores ambientais (VITASSE et al., 2014; MOTA et al., 2018). À medida que a elevação aumenta, a temperatura e a pressão atmosférica tendem a diminuir, e a radiação solar sob condições de céu claro tende a aumentar, levando os indivíduos a investir mais energia na conservação de recursos (KÖRNER, 2007). Por outro lado, as condições mais baixas tendem a favorecer estratégias de aquisição de recursos que ajudam os indivíduos a enfrentar uma concorrência mais alta devido à maior temperatura e disponibilidade de recursos (CALLAWAY et al., 2002; READ et al., 2014). Para espécies tropicais afetadas pela elevação, as mudanças nas condições do local podem ainda ser somadas pela variação em pequena escala na composição e fertilidade do solo associados à distúrbios pelo uso da terra (MACEK et al., 2009; FISHER et al., 2013; LEMBRECHTS et al., 2016).

Este grande mosaico de disponibilidade de recursos energéticos é frequentemente considerado o principal fator que contribui para a distribuição de espécies (JUMP, 2009; SIEFERT, 2015; KLUGE, 2017). No geral, os gradientes de altitude ecológicos moldam a evolução das características funcionais das plantas através de filtros externos e filtros internos ponderados pela comunidade. Para alguns grupos de espécies ocorrentes da Mata Atlântica os habitats de altitude são hotspots de biodiversidade que hospedam um número considerável de espécies endêmicas (MARTINELLI, 2007; MARTINELLI, 2008). Essa riqueza é o resultado da complexa evolução biótica em resposta à história climática e geológica; isolamento geográfico e forte diferenciação de microhabitats (DIRNBÖCK et al., 2011; SANDEL et al., 2011).

### **2.3 Qualidade de mudas florestais para restauração**

A restauração florestal é um processo complexo que exige diversas estratégias para garantir o sucesso do objetivo traçado, com vistas disso a qualidade de mudas é primordial para o estabelecimento da nova comunidade, assim como, a escolha de espécies adequadas, preparo de sítio e o manejo/intervenções que venham a se mostrarem necessárias (MACEDO, 2011, ABREU, 2011; JACOBS et al., 2015).

Mudas bem aclimatadas e de boa qualidade proporcionam maior taxa de sobrevivência em campo, conseqüentemente, reduzindo os custos do processo de restauração (BORTOLINI et al., 2012). De modo geral, tem sido avaliado atributos morfológicos e fisiológicos para determinação da qualidade das mudas, contudo, somente um número limitado desses atributos são usados em nível operacional, devido as exigências do mercado por avaliações que sejam rápidas, simples, baratas e não destrutivas (HAASE, 2008; RITCHIE et al., 2010; VILLAR-SALVADOR et al., 2010; GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018).

Dentre os atributos morfológicos, tradicionalmente, são mensuradas a altura e o diâmetro do colo, como demonstrado em estudos clássicos por Toumey (1916), Wakeley (1954), Cleary et al (1978), Burdett et al (1983), Landis et al (1995), Pinto (2011) devido à alta correlação com demais características da planta e também pela fácil e pouco dispendiosa aferição desses atributos. Outros parâmetros morfológicos comumente avaliados são a massa seca e a partição de biomassa entre os órgãos da planta (DAVIS e JACOBS, 2005; PINTO, 2011; GROSSNICKLE, 2014). Os atributos supracitados ajudam a definir, de modo geral, o tamanho da muda, potencial de crescimento e balanço nutricional, todavia as características fisiológicas, conjuntamente, têm grande relevância na predição do desenvolvimento das mudas em campo (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018).

Diversos parâmetros funcionais, como arquitetura hidráulica e tolerância à seca, tamanho da semente e estratégias de regeneração, estatura da planta e alocação de biomassa assim como, o tamanho da folha e abertura do dossel têm sido usados para relacionar a aptidão fisiológica para plantio das mudas em campo (GROSSNICKLE, 2012; VILLAR-SALVADOR et al., 2015). Assim, programas de monitoramento deveriam avaliar tanto os atributos morfológicos como fisiológicos, pois a combinação deles fornecem predições mais acuradas em relação a taxa de sobrevivência e crescimento das mudas (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018).

#### **2.4 Aclimação de mudas às condições tropicais**

Espécies amplamente distribuídas são normalmente expostas à ambientes complexos, composto de uma multiplicidade de fatores bióticos e abióticos, que variam no tempo e com a localização geográfica (OAKLEY, 2017). Esses fatores abióticos incluem: fluxo do ar (ventos), intensidade e qualidade de luz, temperatura,

disponibilidade de água e concentração de nutrientes (TAIZ, 2017). As flutuações desses fatores ambientais fora dos seus limites normais têm, em geral, um impacto particular no aparato fotossintético, influenciando diretamente o desenvolvimento das plantas. Como cada local apresenta um conjunto único de condição seletiva, as espécies regularizam sua forma e função via ajuste fisiológicos para crescer e se reproduzir em diferentes circunstâncias ambientais (VIOLLE et al., 2007; JUNG et al., 2010).

Nesse contexto e para atender a nova realidade onde os indivíduos se encontram, algumas espécies vegetais têm suficiente plasticidade de otimizar a aquisição/utilização dos recursos por meio do processo denominado aclimatação. Esse processo envolve a capacidade do vegetal de tolerar ou responder às alterações do meio, seja como forma de maximizar o seu comportamento e/ou garantir a sua sobrevivência. Essas respostas são frequentemente referidas como plasticidade fenotípica e representam mudanças não permanente na fisiologia ou morfologia das plantas, que podem ser revertidas se as condições ambientais prevaletentes mudarem (TAIZ, 2017).

Uma abordagem bem estabelecida para investigar esse potencial envolve o estudo de populações de espécies localizados ao longo de gradientes de altitude (De FRENNE et al., 2013). A distribuição em uma ampla faixa de elevação oferece uma oportunidade para investigar mecanismos e características evolutivas envolvidas na aptidão da espécie à ambientes contrastantes (BYARS et al., 2007). No geral, o ambiente seleciona o fenótipo ideal adaptado a um determinado intervalo de recursos e condições ponderados pela comunidade. Assim, vários filtros internos e externos que ocorrem através das elevações tendem a selecionar estratégias ecológicas diferentes entre indivíduos da mesma espécie (MIDOLO, 2019).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta de sementes

##### 3.1.1 Inventário quali-quantitativo, caracterização das unidades populacionais e coleta de sementes.

Moreira (2015), bem como Paschoa e Valente (2017), realizaram o inventário quali-quantitativo da espécie entre os períodos de 2015 a 2017. O trabalho considerou os indivíduos de porte arbustivo-arbóreo e se deu por meio de expedições a campo para levantamento da espécie, identificação dos indivíduos (in loco, análise a posteriori com especialista) e análise geral dos dados obtidos em campo. As atividades de campo incluíram coletas de amostras georreferenciada, utilizando-se de um aparelho manual de GPS (*Global Positioning System*) modelo Garmim GPS MAP® 64 S.

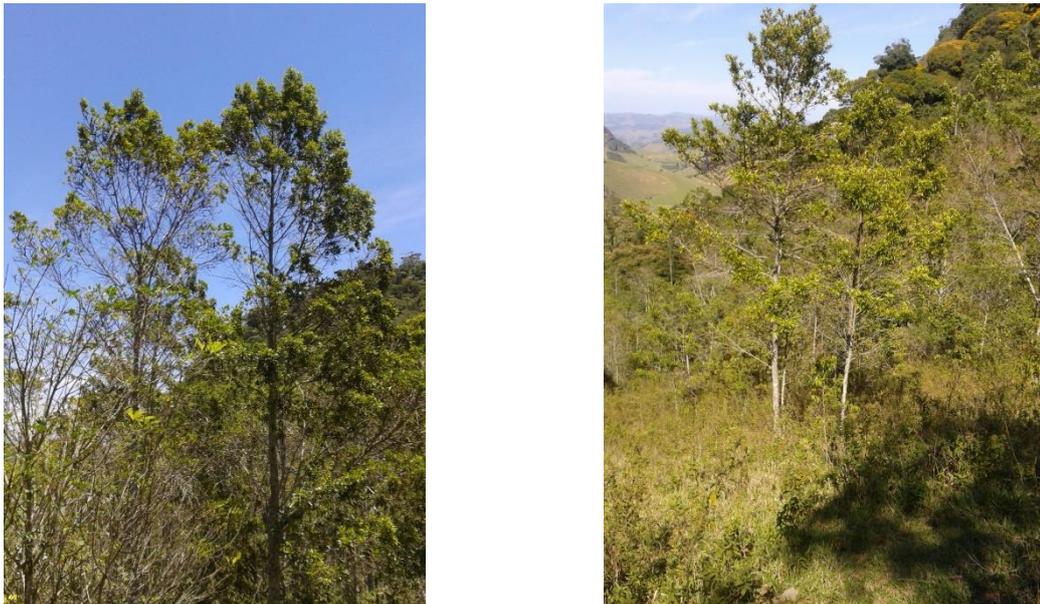


Figura 1 - Amostragem em campo dos indivíduos arbóreos de *Myrsine coriacea* localizado no município de Alegre – ES. Fonte: Moreira, 2015.

A amostragem deste levantamento incluiu 10 populações naturais de *Myrsine Coriacea*, ocorrentes em diferentes municípios da região sul do estado do Espírito Santo e na divisa do estado de Minas Gerais, no município de Alto Caparaó. Evitou-

se a amostragem de árvores isoladas por grandes áreas de cultivos agrícolas, pastagens ou povoamentos florestais de espécies exóticas.

Para o presente estudo e com base nos dados de amostragem os seguintes critérios foram adotados para a seleção das novas matrizes:

- i) Disponibilidade de sementes dos indivíduos no período de frutificação selecionados de acordo com estágio de maturação e evidenciado pela coloração roxo-escuro a preto;
- ii) Qualidade das sementes, com base no estado fitossanitário de cada população, influenciando no uso de sementes recém-colhidas e com alto vigor.

Com base nesses dados as populações escolhidas para o estudo e suas respectivas análises fisiológicas foram:

Tabela 1 - Localização das populações de *Myrsine coriacea* em estudo, número de matrizes amostradas, as coordenadas geográficas de cada ponto de coleta, a elevação média de cada localidade e a data de coleta.

Nº de matrizes	Localização da população (Município)	Latitude	Longitude	Altitude (m.s.m)	Data de coleta
10	Muqui	20 ° 55' S	41° 23' W	639	2º semente 2018
10	Venda Nova do Imigrante	20° 23' S	41° 11' W	851	2º semente 2018
10	Vargem Alta	20° 37' S	40° 58' W	863	2º semente 2018
10	Mimoso do Sul	20° 55' S	41° 32' W	917	2º semente 2018
10	Iúna	20° 22' S	41° 28' W	1093	2º semente 2018
10	Domingos Martins	20° 24' S	41° 01' W	1302	2º semente 2018
10	Alto Caparaó	20° 28' S	41° 49' W	1774	2º semente 2017

Para caracterização das unidades de cada população, foi realizado via classificação digital o mapeamento da área com subsídio das técnicas de geoprocessamento, com suporte de SIG, apoiados nos levantamentos de campo. O ponto registrado em cada população foi disponibilizado com base nos dados de Valente (2017), conforme a Figura 2.

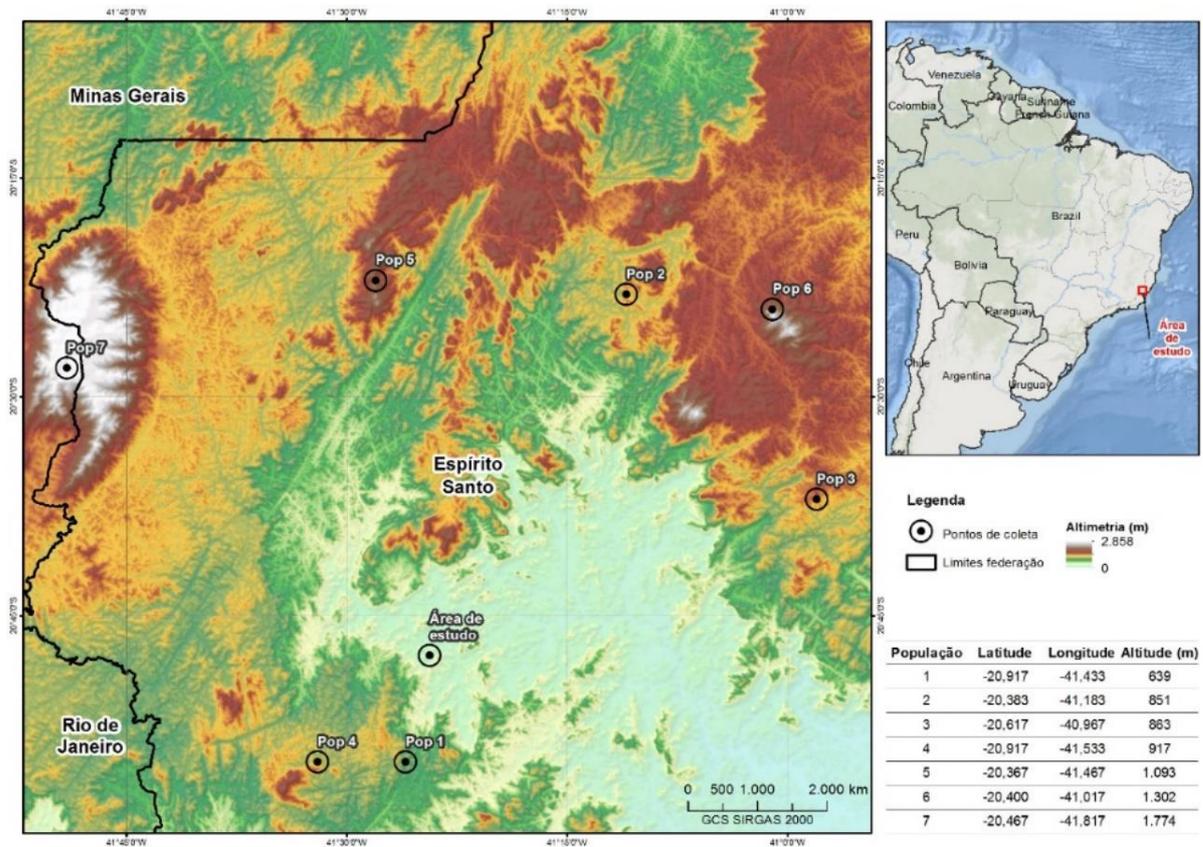


Figura 2 - Localização geográfica das populações de *Myrsine coriacea* onde foram realizadas as coletas de sementes. Seis populações nas regiões sul e serrana do Espírito Santo e Uma na divisa com estado de Minas Gerais. Municípios de Muqui (Pop 1), Venda Nova do Imigrante (Pop 2), Vargem Alta (Pop 3), Mimoso (Pop 4), Iúna (Pop 5), Domingos Martins (Pop 6) e Alto Caparaó (Pop 7). Em destaque em vermelho a localização da área de estudo no município de Jerônimo Monteiro – ES. Fonte: O autor.

De acordo com a classificação de Köppen, revisada para o Brasil por Alvares et al. (2013), o clima da região onde estão distribuídas as populações de *Myrsine coriacea*, Figura 3, é classificado de forma genérica como, Cfa (Clima subtropical, com verão quente), Cfb (Clima temperado, com verão ameno) e Cwb (Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno).

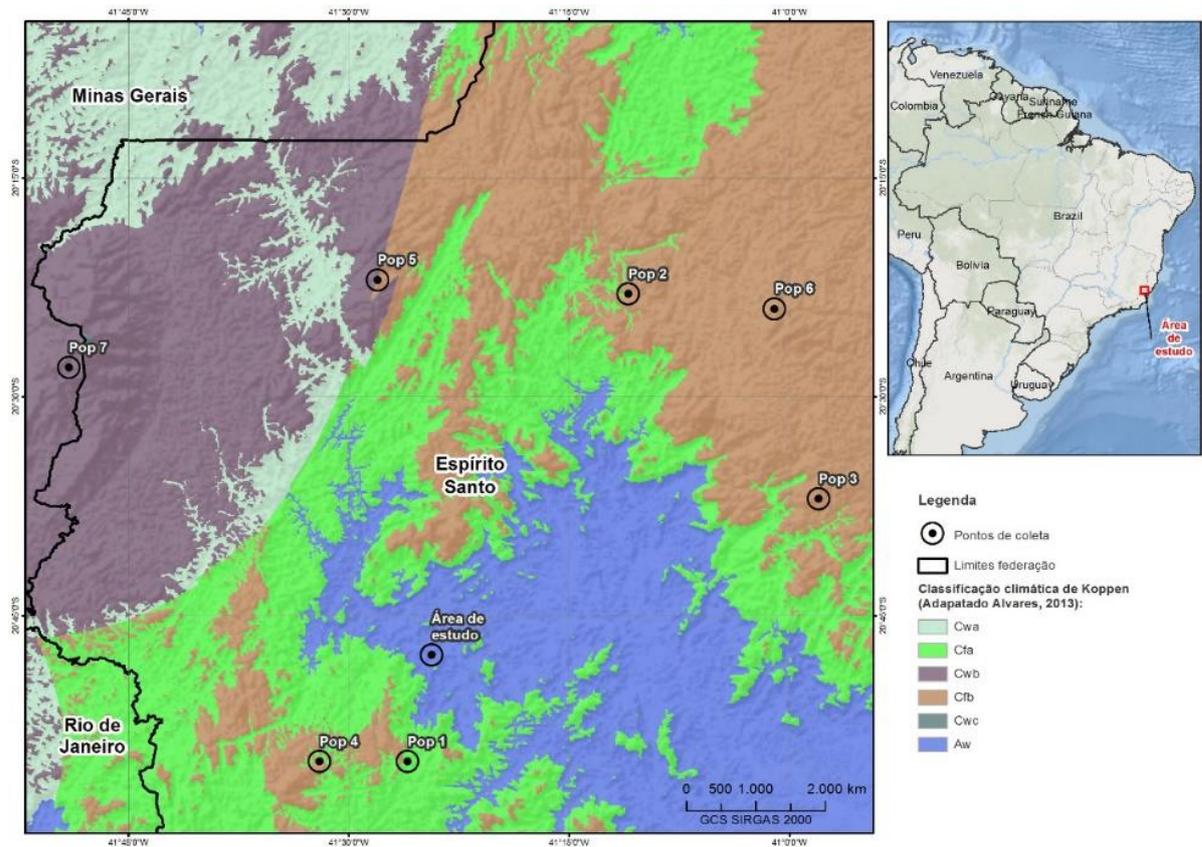


Figura 3 - Localização da área de estudo em relação ao clima segundo a classificação de Köppen (adaptado Alvares, 2013).

Inserida em uma matriz mista, composta por mosaicos de remanescentes florestais associados à áreas antropizadas e campos de altitude, a área considerada no estudo, localiza-se no domínio do Bioma Mata Atlântica, Figura 4. Esse domínio é bastante heterogêneo, com uma fisionomia vegetacional que vai desde a floresta ombrófila densa até as florestas estacionais semidecíduais (REBIO, 2008).

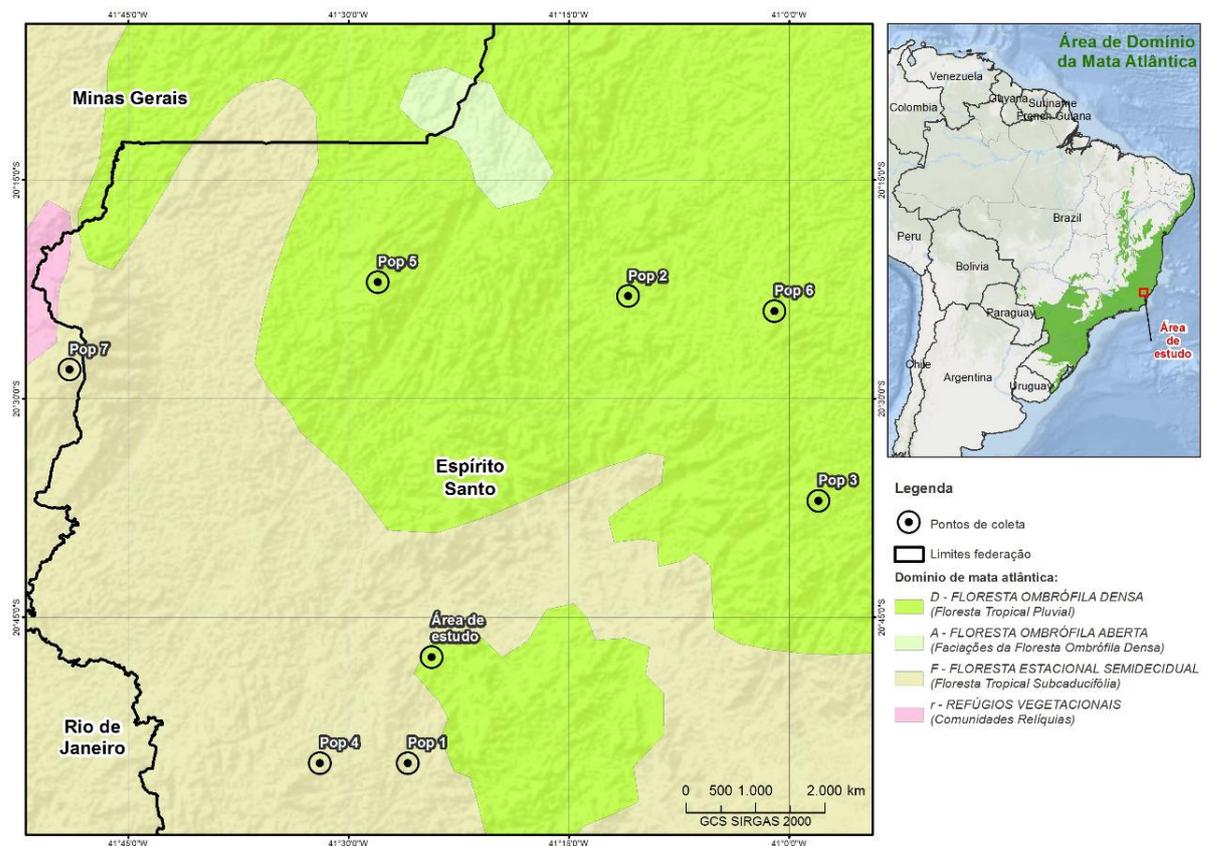


Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo em relação ao bioma mata atlântica na região. IBGE (2004).

Após a seleção das populações, os frutos, coletados de 10 matrizes de cada população, foram encaminhados para o Laboratório de Botânica CCENS/UFES – Alegre – ES. Inicialmente, foram despoldados manualmente (mecânica) para obtenção das sementes. Para tal, os frutos foram dispostos em peneiras de aço (malha 2 mm) e escarificados em água corrente (FOWLER e BIANCHETTI, 2000). Após a escarificação, as sementes foram acondicionadas em sacolas de papel individualizadas por matriz, com suas respectivas identificações. As sacolas foram mantidas sob as condições do Laboratório de Botânica até a semeadura.

### 3.2 Instalação do experimento

O experimento foi instalado e conduzido no Viveiro Florestal localizado na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Jerônimo Monteiro, ES (Figura 5), durante os meses janeiro a julho de 2019.

A área experimental possui latitude de 20° 47' S e longitude de 41° 23' W e altitude de 120 m (Figura 5). Na classificação climática de Köppen, a definição da área onde está localizado o viveiro é didata como sendo do tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), com temperatura média anual de 26 °C e precipitação média que varia entre 1000 e 2000 mm anuais (Pezzopane et al, 2004; Alvares et al., 2013).

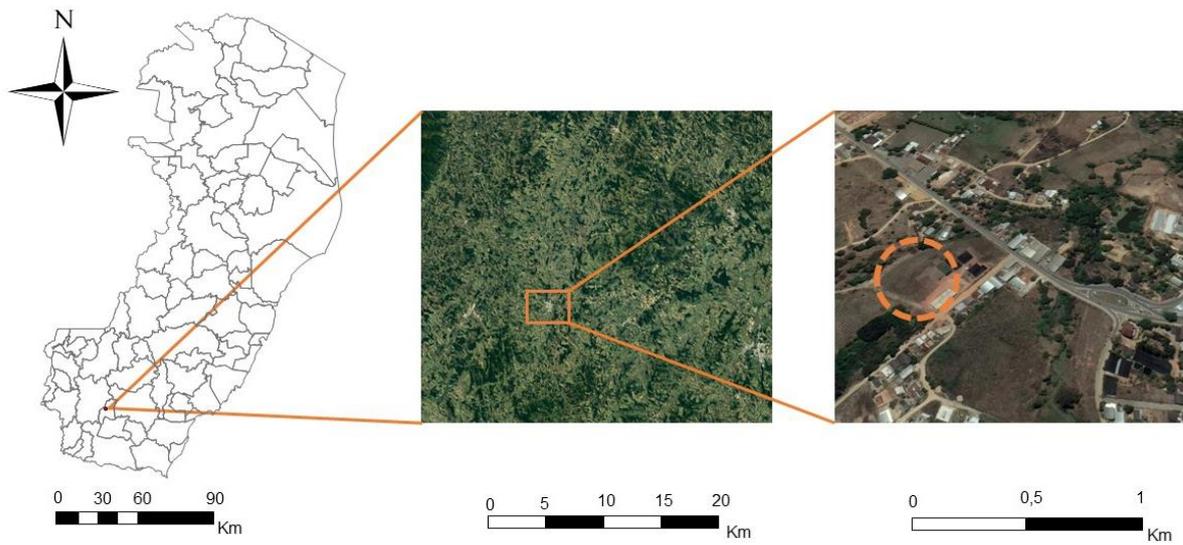


Figura 5 - Localização do Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) da Universidade Federal do Espírito Santo. O ponto em vermelho representa a localização do viveiro no município de Jerônimo Monteiro, ES. Fonte: O autor.

A semeadura das sementes foi realizada em bandejas, contendo areia como substrato (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** - A). As bandejas foram colocadas em canteiros cobertos com sombrite (sombreamento 50%) e irrigadas diariamente (no início da manhã e ao final da tarde) por microaspersão. Após emergência (Figura 5 - B), as plântulas foram transferidas para tubetes (repicagem) quando emitiram o segundo par de folhas (aproximadamente 10 cm de altura) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** - C). A transferência ocorreu para tubetes de polietileno com capacidade de 280 cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato comercial. Os tubetes foram dispostos em bandejas e colocados em canteiros sob as mesmas condições de emergência das plântulas. As mudas de cada população foram separadas por bandeja.

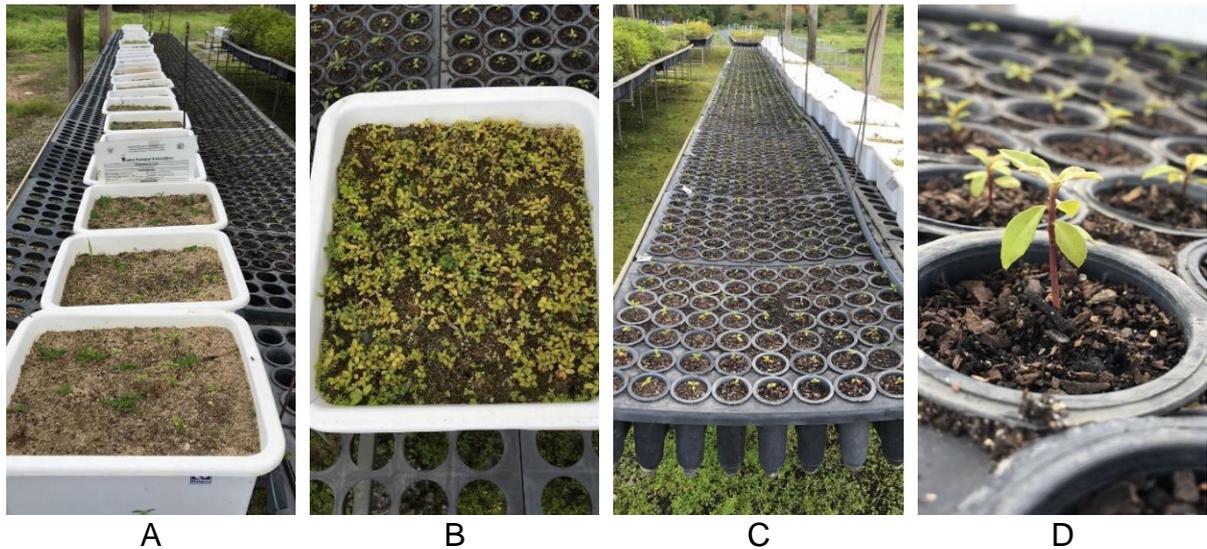


Figura 6 - Etapas de instalação e condução do experimento em viveiro florestal, Jerônimo Monteiro – ES. Em A: semeadura das sementes de *Myrsine coriacea* em bandejas contendo areia lavada, alocados no Viveiro Florestal sob telado contendo sombrite 50%; Em B: processo de emergência das plântulas em bandejas; Em C: repicagem das plântulas para tubetes com capacidade de 280 cm<sup>3</sup> e em D: destaque do crescimento da muda em tubete de 280 cm<sup>3</sup>. Fonte: O autor.

### 3.3 Aclimação das mudas à pleno sol

Em janeiro de 2019, as mudas foram transferidas para citropotes, preenchidos com 4 litros de substrato solo, areia e substrato comercial na proporção de 2:1:1, respectivamente. Uma amostra do substrato foi enviada para o Laboratório de Solos CCAE/UFES–Alegre-ES, e os dados da análise química estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros químicos avaliados segundo a análise química. Potencial hidrogeniônico (pH); fósforo (P, mg dm<sup>-3</sup>); potássio (K, mg dm<sup>-3</sup>); sódio (Na, mg dm<sup>-3</sup>); cálcio (Ca, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); magnésio (Mg, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); alumínio (Al, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); hidrogênio + alumínio (H + AL, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); soma de bases (SB, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); CTC efetiva (t, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>); CTC potencial (T, cm<sup>3</sup> dm<sup>-3</sup>) e saturação de bases (V, %).

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m
5,94	160	76	16	3,31	1,06	-	2,64	4,63	4,63	7,27	63,7	-

Durante o período experimental foram realizadas cinco adubações de cobertura em intervalos de 10 dias, até o final do experimento, conforme preconizado por

Prezotti et al. (2013). A aplicação era realizada após a última irrigação, aproximadamente às 17:00 horas.

Após a transferência para citropotes, as mudas foram alocadas em grades localizadas à pleno sol no próprio viveiro florestal, distribuídas sistematicamente, de forma que, a mesma população não se mantivesse no centro ou nas bordaduras do design. **(Erro! Fonte de referência não encontrada.)**. Todos os vasos foram irrigados diariamente por microaspersão (no início da manhã e ao final da tarde), não se limitando à disponibilidade de água.

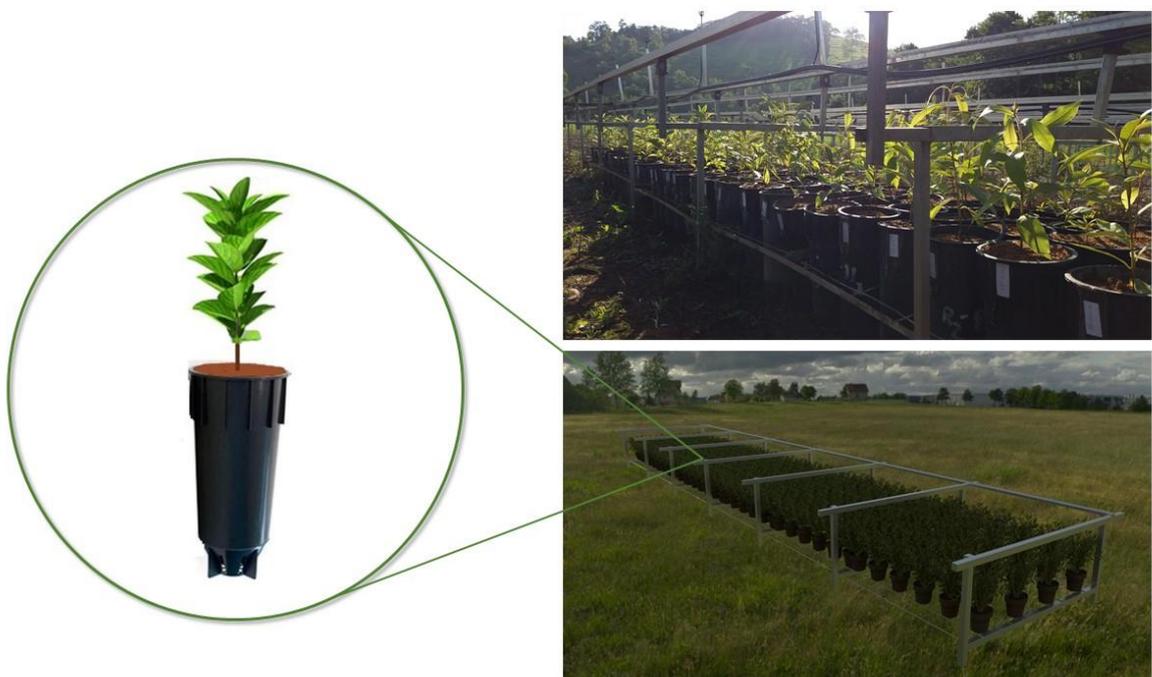


Figura 7- Esquema de disposição das mudas proveniente das matrizes para aclimação à pleno sol em grades no viveiro florestal. Fonte: O autor.

### 3.4 Análises de crescimento

Em todas avaliações, as mudas foram submetidas à mesma metodologia de trabalho. Em cada avaliação, era selecionado seis mudas por população, totalizando 42 plantas amostradas. A seleção foi realizada de forma sistemática, ao passo que, selecionava-se dois indivíduos com altura menor, duas com altura média e duas com altura maior, minimizando a possibilidade de um efeito associado ao declínio da capacidade fotossintética entre os indivíduos de uma mesma população. A altura foi

determinada por meio de uma régua milimetrada, seguindo o mesmo padrão em todas as avaliações.

A primeira avaliação ocorreu junto à montagem do experimento (mudas nos tubetes de 280 cm<sup>3</sup>), com seis mudas de cada população, totalizando 42 indivíduos amostrados (tempo 0). Após a montagem do experimento, avaliou-se as mudas em intervalos de dois em dois meses, nos períodos de 60 dias após o transplante (DAT), 120 DAT e 180 DAT.

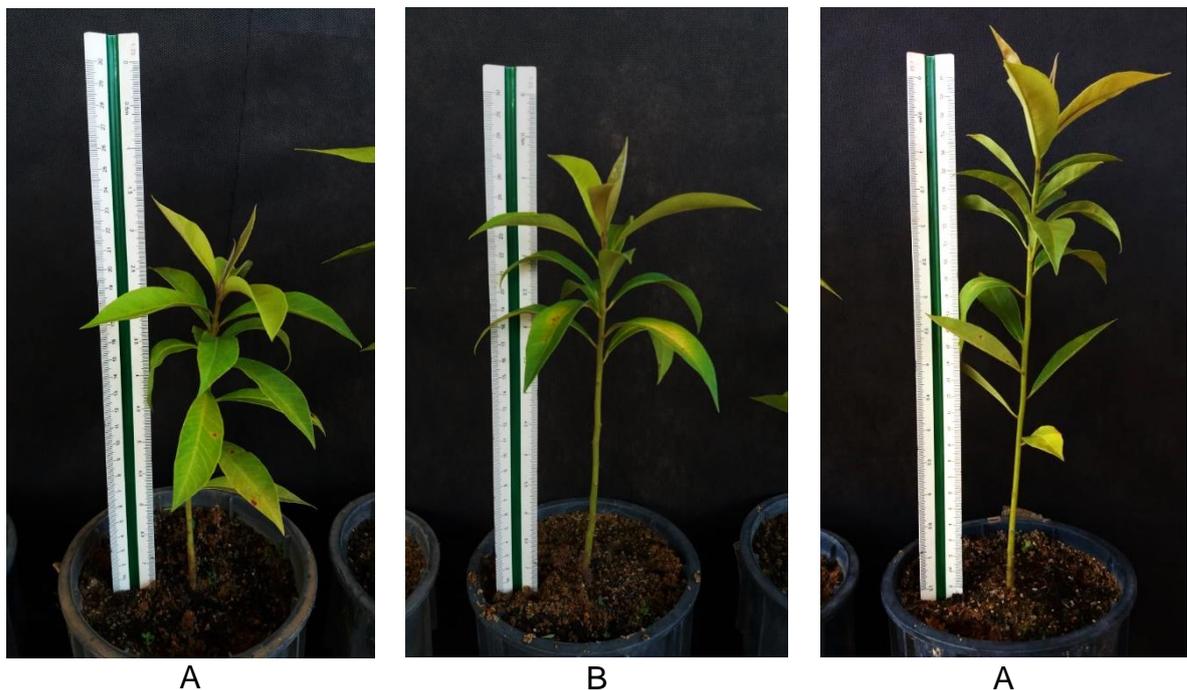


Figura 8 - Método sistemático de seleção das mudas por tamanho para avaliação em cada época de amostragem. Em A: altura menor; Em B: altura média; Em C: altura maior.

Em cada avaliação separou-se as mudas por população (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, A). Após a separação, os indivíduos foram cuidadosamente retirados dos citropotes (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, B) e as raízes, lavadas em água corrente para retirada de todos resíduos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, C) e, posteriormente, encaminhadas para o laboratório de botânica pertencente ao Departamento de Ciências Biológicas, localizado no CCAE – Alegre para determinação das análises subsequentes.



Figura 9 - Etapa do processamento do material de cada população no viveiro florestal. Em A: separação das populações; Em B: retirada das mudas dos citropotes; Em C: Lavagem das raízes em água corrente.

O diâmetro do coleto (DC), medido na base do caule, foi medido com uso de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, A). A altura (H) das plantas foi realizada com auxílio de uma régua milimetrada, medida desde a base da planta até o meristema apical do caule principal (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, B). Em sequência, a área foliar (AF) foi determinada por meio do integrador de área foliar (LI-3000, Li-Cor), através da soma da área de todas as folhas de cada indivíduo em  $\text{cm}^2$  (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, C). Folhas, caules e raízes foram reservados em sacos de papel para secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante. A determinação da massa seca total (MST) foi realizada com auxílio de balança analítica de precisão (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, D).

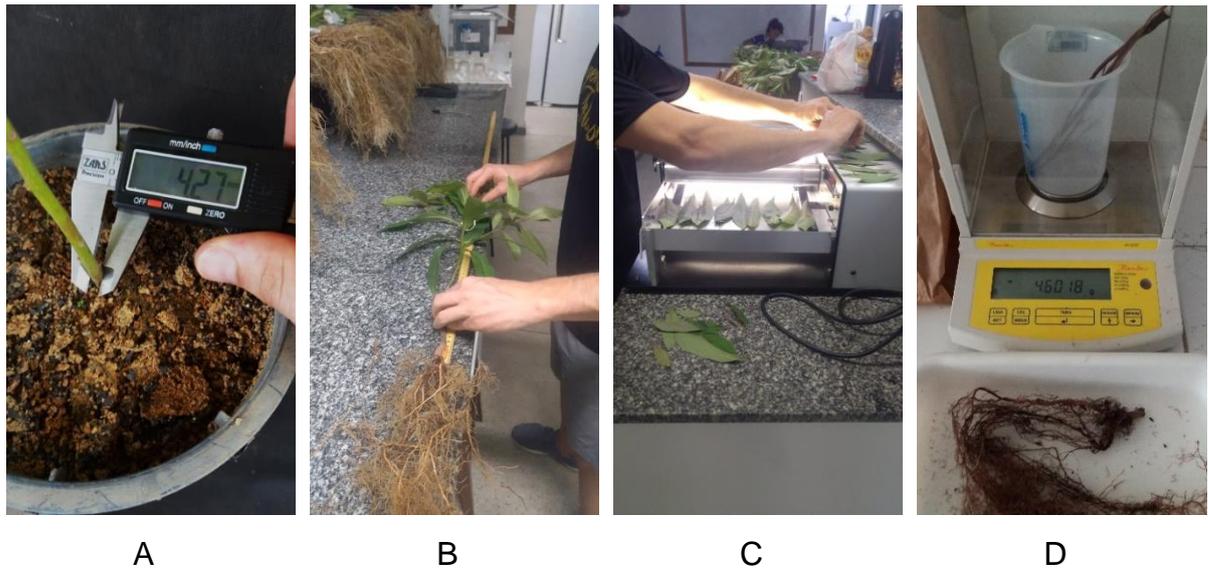


Figura 10 - Etapa processamento do material no Laboratório de Botânica localizado em Alegre – CCAE – UFES. Em A: avaliação do diâmetro do coleto das mudas; Em B: avaliação da altura das mudas; Em C: avaliação da área foliar total das mudas e em D: pesagem (folha, caule e raiz) de cada muda.

Com base nos resultados de biomassa seca acumulada e da área foliar de cada indivíduo determinou-se, para cada avaliação, a estimativa dos seguintes índices fisiológicos, de acordo com Wrigth e Westoby (2000) e Benincasa (2003):

- **Biomassa acumulada:** O acúmulo e partição de biomassa foram avaliados através da massa seca total (MST, em g) da planta em razão com a massa seca das folhas (FMR), caule (FMC) e raiz (FMR). Essa relação expressa a distribuição de fotoassimilados para cada órgão da planta, representados em  $g \cdot g^{-1}$ , conforme descrita em Hunt (1982).
- **Razão de Área foliar (RAF):** expressa a área foliar útil para a fotossíntese, componente morfofisiológico, pois é o balanço entre a área foliar e a massa seca total, expressa em  $(cm^2 \cdot g^{-1})$ :

$$RAF = \frac{AF}{MST}$$

- **Área foliar específica (AFE):** componente morfoanatômico de RAF que relaciona a superfície com a massa seca das folhas, expresso em  $(cm^2 \cdot g^{-1})$ :

$$AFE = \frac{AF}{MST}$$

- **Taxa assimilatória líquida (TAL):** componente fisiológico ponderado na biomassa seca produzida (g), por área foliar (cm<sup>2</sup>), por unidade de tempo (dia):

$$TAL = \frac{(MST1 - MST0) * (\ln AFT1 - AFT)}{AFT1 - AFT0} * \Delta t$$

Onde: MST0= massa seca total no tempo 0 (antes da transferência das mudas para citropotes; MST1= massa seca total no tempo 1 (aos 60 DAT); AFT0= área foliar total no tempo 0; AFT1= área foliar total no tempo e Δt= variação de tempo entre os tempos 0 e 1.

- **Taxa de crescimento relativo da biomassa (TCR):** é uma medida da eficiência de crescimento da muda representada pelo incremento de biomassa seca (g) por unidade de matéria produzido por unidade de tempo (dia), sendo um indicador importante da magnitude do uso dos fotoassimilados para o crescimento.

$$TCR = \frac{\ln MST1 - \ln MST0}{\Delta t}$$

Onde: MST0= massa seca total no tempo 0 (antes da transferência das mudas para citropotes; MST1= massa seca total no tempo 1 (aos 60 DAT) e Δt= variação de tempo entre os tempos 0 e 1.

### 3.5 Desempenho fotossintético

A avaliação do desempenho fotossintético das mudas ocorreu aos 180 DAT, antecedendo as avaliações destrutivas. A ideia foi verificar os ajustes fisiológicos observados nas folhas expostas ao término do experimento, validando a capacidade de aclimação das folhas maduras em um ambiente particular de luminosidade.

#### 3.5.1 Rendimento quântico potencial do Fotossistema II (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>)

O rendimento quântico máximo do fotossistema II foi obtido com auxílio de um sistema de fotossíntese portátil (LI – 6400XT; LI – COR Biosciences, Lincoln, NE, EUA) acoplado a um analisador de gás infravermelho (IRGA). O equipamento foi projetado para avaliar a ocorrência de fotoinibição em folhas e testar a eficiência da utilização da luz e da capacidade fotossintética. Para efetuar a avaliação, as mudas foram aclimatadas ao escuro por um período de 30 minutos. Essa adaptação foi proporcionada na planta inteira, com uso de uma sala totalmente fechada, dispensando qualquer entrada de luz, entre 08:00 a 08:30 da manhã (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, A).

Posteriormente, foi selecionado uma folha recém-expandida do terço superior de cada repetição. Os tecidos foliares foram expostos a um fraco pulso de luz vermelho ( $<1\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), para a determina\u00e7\u00e3o da fluoresc\u00eancia inicial ( $F_0$ ) e a um pulso de luz saturante de  $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  por 0,8s, para determinar a fluoresc\u00eancia m\u00e1xima ( $F_m$ ) (**Erro! Fonte de refer\u00eancia n\u00e3o encontrada.**, B), entre os p er\u00edodos de 09:00 a 10:00 da manh\u00e3. Esses resultados foram utilizados para estimar os valores do rendimento qu\u00e2ntico potencial do fotossistema II como a efici\u00eancia qu\u00e2ntica m\u00e1xima do FSII ( $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ ) (RIBEIRO et al., 2005)).

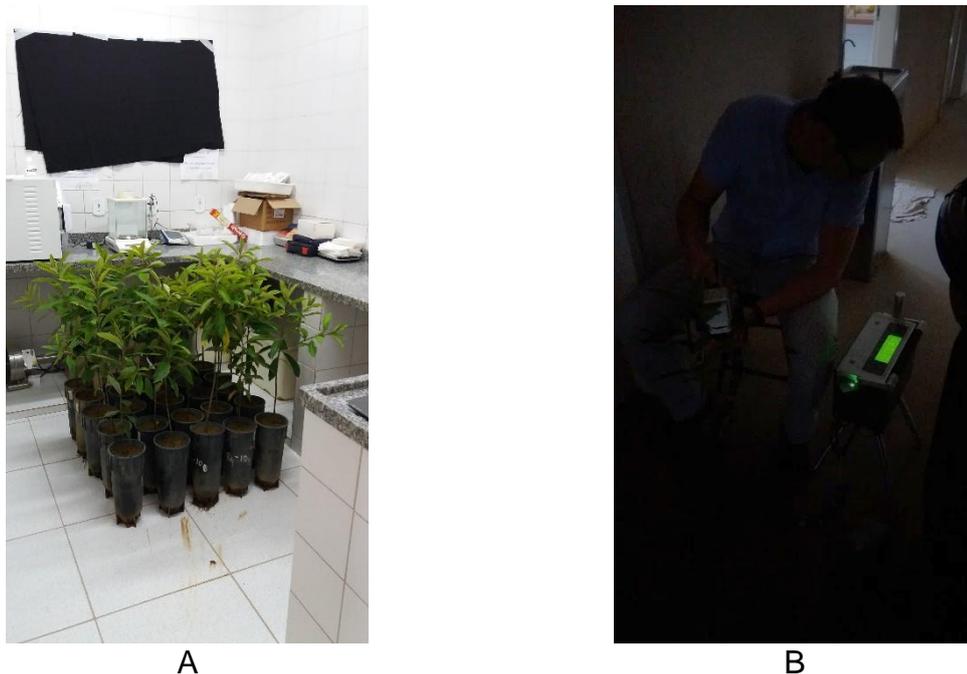


Figura 11 - Etapa do processo de medida do Rendimento qu\u00e2ntico potencial do Fotossistema II das mudas ao 180 DAT. Em A: organiza\u00e7\u00e3o das mudas por popula\u00e7\u00e3o aclimatadas ao escuro por 30 minutos. Em B: avalia\u00e7\u00e3o das mudas com analisador de gases infravermelho no escuro.

### 3.5.2 Trocas gasosas

Os par\u00e2metros de troca de gases foliares foram medidos entre 10:00 e 12:00 logo ap\u00f3s a avalia\u00e7\u00e3o do rendimento qu\u00e2ntico m\u00e1ximo do fotossistema II utilizando tamb\u00e9m um sistema de fotoss\u00edntese port\u00e1til (LI – 6400XT; LI – COR Biosciences, Lincoln, NE, EUA) com um analisador de g\u00e1s infravermelho (IRGA), em fluxo de f\u00f3tons fotossinteticamente ajustados para  $1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  em um dia totalmente ensolarado. Durante a avalia\u00e7\u00e3o, a concentra\u00e7\u00e3o de  $\text{CO}_2$  na c\u00e2mara foi mantida em torno de  $400 \pm 20 \mu\text{mol mol}^{-1}$ . A temperatura da folha variou de a ..

As medidas foram feitas na mesma folha em que foram realizadas as análises de rendimento quântico máximo do fotossistema II. Foram coletados dados de taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) com fluxo de fótons fotossinteticamente ativos saturantes, concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  no mesofilo ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa transpiratória ( $E$ ) e taxa de transporte de elétrons (ETR).



Figura 12 - Avaliação das mudas à pleno sol para coleta dos dados de troca gasosas.

### 3.6 Análises estatísticas

Uma análise prévia da variabilidade dos dados foi feita para verificar valores discrepantes. Para cada atributo ecofisiológico das mudas foi eliminado os valores maiores que a média mais duas vezes o desvio-padrão (outliers).

As análises estatísticas foram realizadas com dois objetivos:

i) identificar diferenças significativas entre as populações no tempo 60, 120 e aos 180 dias após transplântio das mudas para citropotes aclimatados à pleno sol. Essas análises foram feitas para cada parâmetro e época separadamente. A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram analisadas com os testes de Shapiro-Wilk e Scoot knot, respectivamente. Os dados que não apresentaram homogeneidade ou normalidade foram transformados utilizando raiz quadrada e função logarítmica.

ii) identificar os padrões populacionais por meio da análise canônica de coordenadas principais (CAP) usando uma matriz Euclidiana baseada em valores padronizado para cada época de avaliação. As análises multivariadas foram realizadas no R (R core team, 2015)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de crescimento das mudas

#### 4.1.2 Diâmetro do coleto (DC)

Em termos de variação intraespecífica dos parâmetros avaliados sob o crescimento das mudas, observamos que o grupo de indivíduos pertencentes a população a 851 m apresentou a maior média para o parâmetro DC em relação as demais populações, independente da época de avaliação (Figura 13). O valor médio da população em destaque na última avaliação a 180 DAT para o parâmetro supracitado foi de 10,24 mm, seguido da população a 863 m com 9,59 mm e população a 917 m, com 8,69 mm. Houve diferença significativa para as mudas provenientes da população a 1774 m, atribuído com os menores valores em relação as demais populações ( $P < 0,05$ ), tanto a 60 DAT quanto a 120 DAT, com valores médios iguais a 2,07 e 2,03 mm, respectivamente.

É importante destacar que na última avaliação (180 DAT), não havia indivíduos para amostragem da população a 1774 m, isso porque entre as avaliações a 120 e 180 DAT, os indivíduos não sobreviveram nesse ambiente. Esse resultado é congruente com a nossa hipótese a respeito da variação de características encontradas no nível intraespecífico e enfatiza a aclimatação de populações localizadas em altitudes mais baixas favorecendo, portanto, o desempenho ecofisiológico de seus indivíduos.

De acordo com Saraiva et al. (2014) a maior disponibilidade de insolação favorece o crescimento cambial que, por sua vez, é estimulada por carboidratos provenientes da fotossíntese e por hormônios translocados das regiões apicais, que na maioria das vezes atuam sinergicamente. Logo, o diâmetro a altura de colo é um bom indicador da assimilação líquida, já que depende mais diretamente da fotossíntese (ENGEL, 1990).

A multiplicidade de fatores abióticos que incluem o fluxo de ar (vento), intensidade e qualidade da luz, temperatura, disponibilidade de água, concentrações de nutrientes minerais e atributos químicos do solo podem alterar significativamente crescimento em diâmetro da muda (COSTA et al., 2009). A associação desses fatores pode estabelecer um cenário desfavorável para que as taxas fotossintéticas atinjam

o necessário para a produção e incorporação de biomassa, correspondendo na sobrevivência das mudas a curto prazo.

Portanto, observou-se que o somatório de algum fator abiótico associado à capacidade de aclimatação das mudas provenientes de populações a 1774 m limitou o balanço positivo de carbono em todo nível da planta. Nossa hipótese foi que esses indivíduos corresponderam com a manutenção negativa de carbono à medida que a intensidade de luz aumentou e a respiração se manteve sob taxas elevadas. Nessas circunstâncias, os carboidratos armazenados resultaram em uma fonte importante ou mesmo única de energia para compensar essa demanda (CUZZOL e MILANEZ, 2012). Logo, a solicitação de novas capacidades metabólicas e estruturais mediadas pela evolução de mecanismos plásticos em novas folhas poderia contribuir para o funcionamento positivo das mudas provenientes dessa população sob condições de estresse próxima a que encontramos no viveiro.

Muller et. al (2005) e Farias Neto et al. (2003) ao final de 180 dias encontraram valores de diâmetro aproximado ao observado no presente estudo, com valor médio de 11,4 e 11,6 mm, respectivamente. De acordo com Felfili et al. (1999) maiores valores do diâmetro do colo à pleno sol pode ser característica de espécies heliófilas em fases iniciais de sucessão. O mesmo autor relata que o tratamento a pleno sol pode representar uma condição de área de mata degradada.

Semelhante aos nossos resultados, mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns produzidas à pleno sol desafiaram valores próximo ao que encontramos pelas mudas provenientes de populações a 1774 m (QUINTÃO et al. 2003). Wanginiak (2016) também observou em seu trabalho que as altas temperatura aliadas à baixa umidade relativa do ar mostraram-se um desafio à sobrevivência e estabelecimento de *Calophyllum brasiliense* cultivadas à pleno sol. A soma desses fatores ambientais acarretou um panorama bastante desfavorável para o estabelecimento das plantas nas áreas testadas.

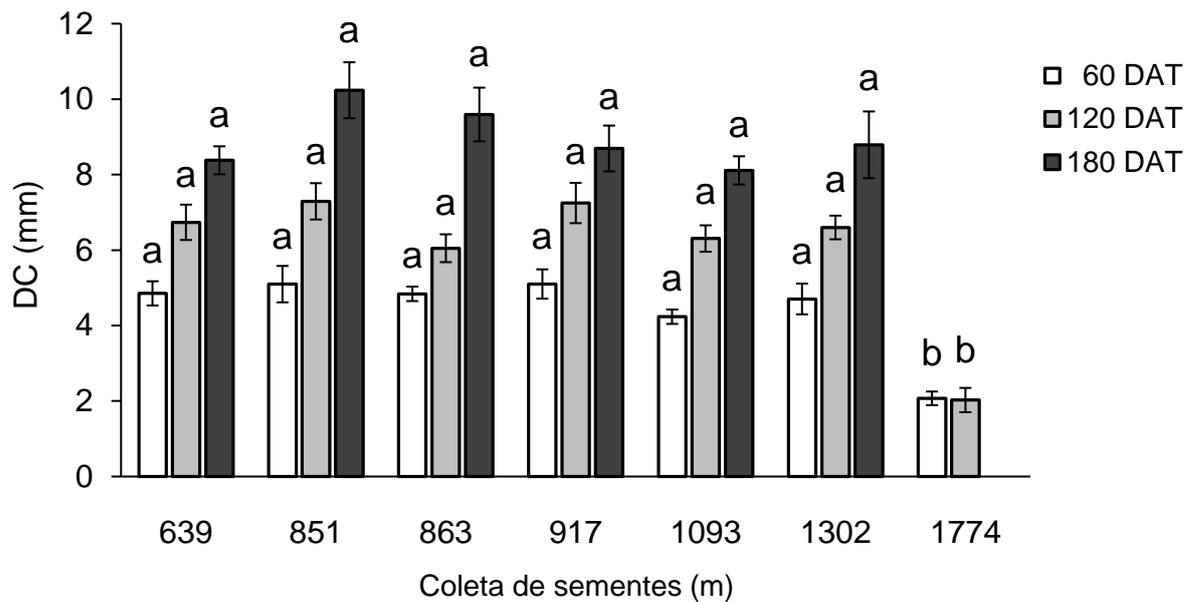


Figura 13 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro DC (Diâmetro do coletor). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplante), 120.DAT (dias após transplante) e 180 DAT (dias após transplante). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.1.3 Altura (H)

De acordo com o parâmetro H (Figura 14), aos 60 DAT as populações a 639, 863 e 1093 m se diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) das demais populações. Também houve diferença significativa para população localizada a 1774 m, apresentando os menores valores (6,52 cm). Destaque para as populações localizadas a 851, 917 e 1302 m, com valores médios iguais a 30,98 cm, 28,48 cm e 32,32 cm respectivamente.

Aos 120 DAT, as populações em destaque exibiram maiores valores em relação às demais populações, havendo diferença significativa, com valores médios iguais a 58,88, 45,38 e 44,95 cm, respectivamente. Para tanto, aos 180 DAT não houve diferença significativa entre as populações avaliadas. O maior valor foi evidenciado pela população a 851 m, com 66,98 cm.

A altura é um componente crucial da estratégia ecológica de uma espécie vegetal, sendo fundamental para o desempenho individual em função do local de sobrevivência (HULSHOF, 2015). Esse parâmetro está intimamente relacionado ao

ambiente luminoso Poorter (2001). Assim, o maior investimento em crescimento pode ser crucial para o sucesso competitivo em campo. Portanto, sob o efeito satisfatório das mudas provenientes de populações até 1302 m quanto ao parâmetro H, pode-se inferir que a produção dessas mudas torna-se eficaz para projetos de restauração e recuperação de áreas degradadas. Esse alongamento na fase inicial de tais populações deve facilitar uma rápida ocupação do espaço em comunidades florestais, onde a luz torna-se um recurso altamente variável e muitas vezes limitante (CHAZDON e FETCHER 1984). Estes resultados confirmaram as observações de campo em que o habitat preferencial da espécie estudada são as bordas das matas, sobretudo em áreas abertas, onde ocorrem distúrbios periódicos e a incidência de radiação solar é, geralmente, intermediária entre as condições de clareira e de pleno sol (FREITAS e CARRIJO, 2008; FREITAS e KINOSHITA, 2015).

Silveira e colaboradores (2013) avaliando o desenvolvimento silvicultural de Capororoca em pastagens abandonadas em Antonina – PR, revelou que as taxas de sobrevivência e morfológicas da espécie são satisfatórias quando estabelecida em áreas abertas e degradadas. As características aproximam-se do descrito por Klein (1980; 1981), ao qual, destacava a importância da espécie nos estágios iniciais de sucessão em ambientes naturais. Cotarelli (2007) aponta que, o efeito satisfatório para o rápido crescimento da espécie revela o potencial para o elevado índice de fechamento de dossel. Este processo, frequentemente favorece a supressão de gramíneas invasoras em áreas em processo de restauração, devido ao sombreamento do sub-bosque (ENGEL; PARROTTA, 2001; SILVEIRA, 2013).

Em consonância com os resultados obtidos neste estudo, Soares (2012) avaliando o crescimento inicial de *Handroanthus chrysotrichus* observou que, ao final do tratamento as plantas aclimatadas à pleno sol apresentaram os maiores valores de altura, confirmando também a capacidade de plantas jovens em habitar ambientes com elevada irradiância. Resultados semelhantes também foram relatados por Souza e Válio (2003), Ramos (2004), Kelly et al. (2009) e Craven et al. (2010) em estudo com espécies arbóreas tropicais.

O fato das mudas provenientes de populações a 1774 m não exibirem uma resposta igualmente robusta para os padrões de alongamento em resposta ao ambiente de cultivo, pode ser relacionado à um efeito genético. Experimentos utilizando transplante de jardim comum revelaram que, em muitas espécies, a

diferenciação em características fenotípicas como altura ao longo de gradientes de elevação pode ter uma base genética (KAWECKI e EBERT, 2004; ANGERT e SCHEMSKE, 2005; BYARS et al., 2007; HAGGERTY e GALLOWAY, 2011)

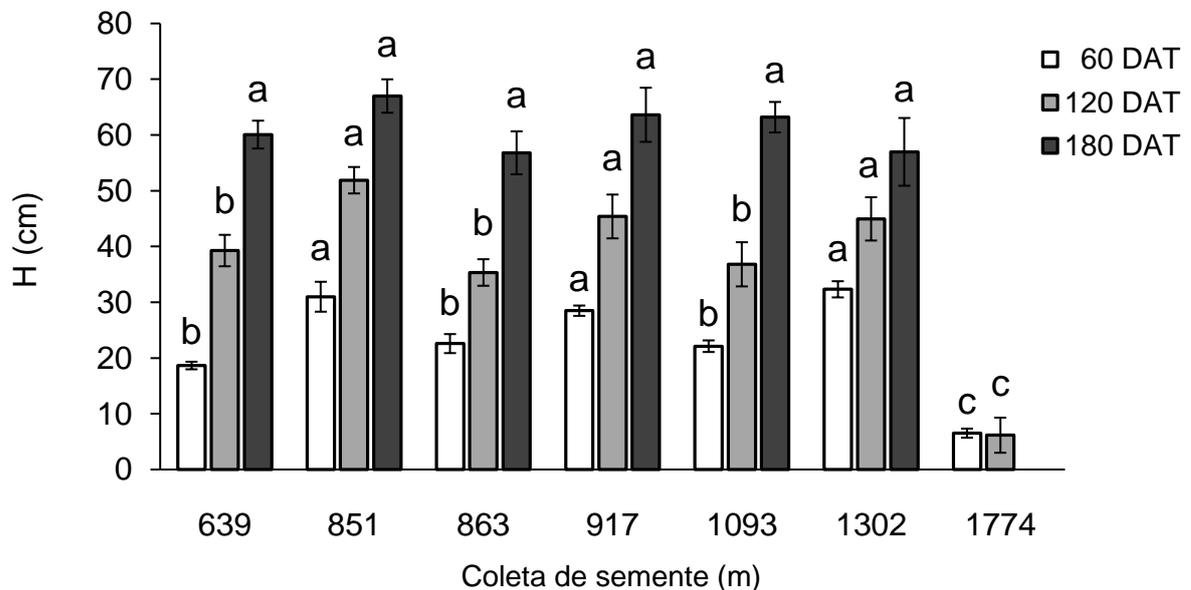


Figura 14 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro H (Altura). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplante), 120.DAT (dias após transplante) e 180 DAT (dias após transplante). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.1.4 Massa seca total (MST)

De acordo com a Figura 15, as mudas provenientes de populações até 1302 m apresentaram maior vigor e robustez, indicados pelas taxas de acúmulo de massa acumulada e crescimento significativamente maiores, quando comparadas com as mudas provenientes da população à 1774 m, havendo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em todas épocas de avaliação.

Em conjunto, as modificações das características relacionadas ao incremento de massa seca das mudas de *M. coriacea* reflete a resposta das plantas à uma combinação de fatores relacionados ao ambiente lumínico. Segundo Poorter (2011), a luz é provavelmente o fator que mais afeta a produção de biomassa nas florestas tropicais e diversos trabalhos demonstraram a influência da elevada amplitude de

variação nas condições de luminosidade nos parâmetros de crescimento de espécies arbóreas de clima tropical. A suscetibilidade a esse fator abiótico pode variar com a trajetória de desenvolvimento da planta, afetando, tão logo, todos os estágios subsequentes da planta (BITA e GERATS, 2013).

Nossos resultados são semelhantes ao encontrado por Matos et al. (2011), segundo os quais, de modo geral, as mudas de *Jatropha curcas* L., apresentaram um aumento linear significativo com o aumento do período de permanência sob pleno sol, corroborando com a origem da espécie em ambientes de elevada irradiância. De forma similar, Aguiar et al. (2011) avaliando a qualidade de mudas de *Caesalpinia echinata* Lam. verificaram que a pleno sol as mudas apresentaram maior percentual de massa seca acumulada. Esse fato também foi observado para outras espécies arbóreas tropicais (SOUZA e VÁLIO, 2003; FANTI e PEREZ, 2003, DOS SANTOS et al., 2013, MAZZANATTI et al. 2016).

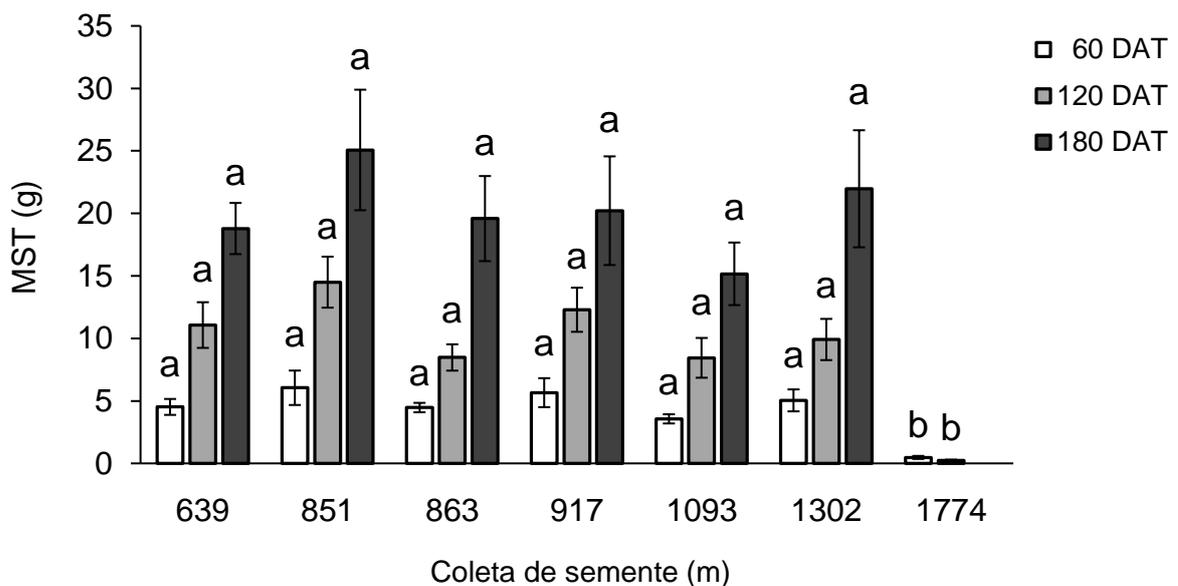


Figura 15 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro MST (Matéria seca total). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

## 4.2 Indicadores fisiológicos

### 4.2.1 Fração de massa foliar (FMF); Fração de massa caulinar (FMC); Fração de massa radicular (FMR)

Dado que a planta é um sistema de desenvolvimento integrado, muitos dos seus aspectos ecofisiológicos são fortemente influenciados pela variação espacial e/ou temporal na disponibilidade de recursos acima (Luz e CO<sub>2</sub>) e abaixo (água e nutrientes) do solo (CAVATTE, 2011). Nesse caso, a flexibilidade no padrão de alocação acontece no sentido de maximizar os investimentos e minimizar os efeitos de algum fator limitante (POORTER et al., 2012). Mudanças alocaçionais em resposta à luz podem ser um fator importante para permitir que as plantas persistam em ambientes naturais.

Segundo a teoria do “equilíbrio funcional” (BROUWER, 1962), as plantas podem direcionar a distribuição de biomassa para parte aérea se o ganho de carbono for limitado por condições acima do solo, como luz e CO<sub>2</sub>. Da mesma forma, as plantas aumentariam a alocação de biomassa para raízes quando submetidas a baixos níveis de recursos abaixo do solo, como água e nutrientes.

Dado essa teoria, ao 60 DAT as mudas provenientes da população localizada à 1774 m revelaram uma estratégia bem sucedida ao investimento da FMF, com valor igual a 49,07 g g<sup>-1</sup>, excedendo as demais populações estatisticamente ( $P < 0,05$ ). Aos 120 DAT não houve diferença entre os tratamentos, com maior valor relacionado as mudas provenientes de população a 1093 m, com 31,29 g g<sup>-1</sup>. Ao final dos 180 DAT, houve diferença entre os tratamentos com as populações a 851, 863 e 1093 m em relação às demais populações com valores médios iguais a 22,81, 30,53 e 31,44 g g<sup>-1</sup>.

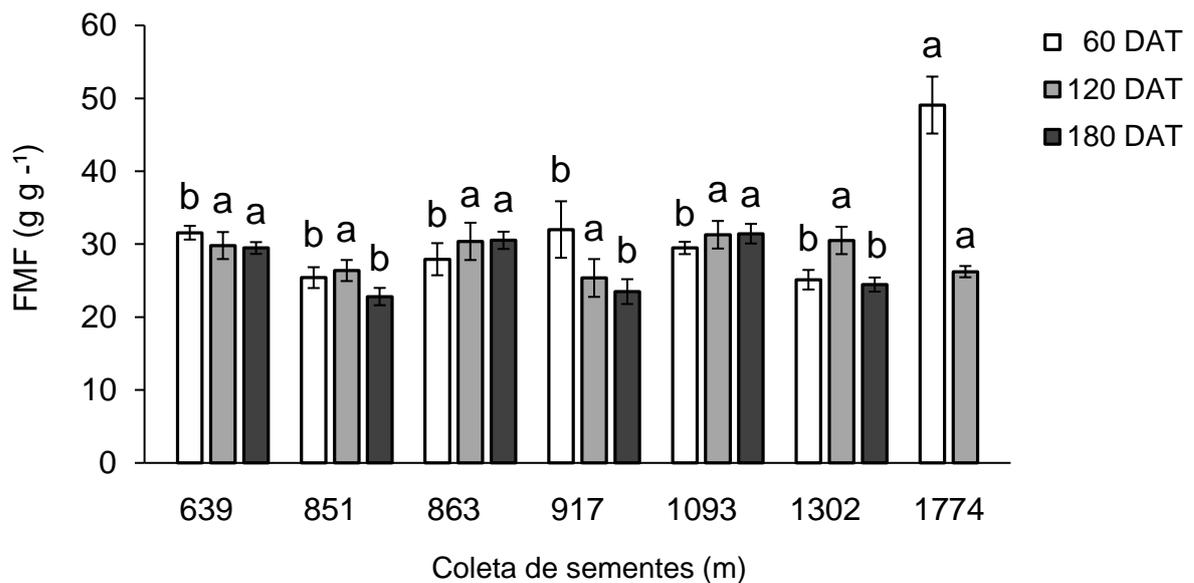


Figura 16 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMF (Fração de massa foliar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

De acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, aos 60 DAT, as mudas que apresentaram maiores médias para FMC foram as provenientes de populações a 851 e 1302 m com 31,49 e 30,33 g g<sup>-1</sup>, respectivamente. Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os demais tratamentos, com destaque para as mudas provenientes de populações a 639 m que apresentou menor média, igual a 19,72 g g<sup>-1</sup>. Aos 120 DAT, não houve diferença entre os tratamentos, com destaque para aqueles provenientes de populações a 851 e 1302 m com 29,34 e 29,43 g g<sup>-1</sup> respectivamente. Na última avaliação, aos 180 DAT, não houve diferença entre os tratamentos, com destaque para aqueles provenientes de populações a 851 e 917 m com 30,76 e 29,92 g g<sup>-1</sup> respectivamente.

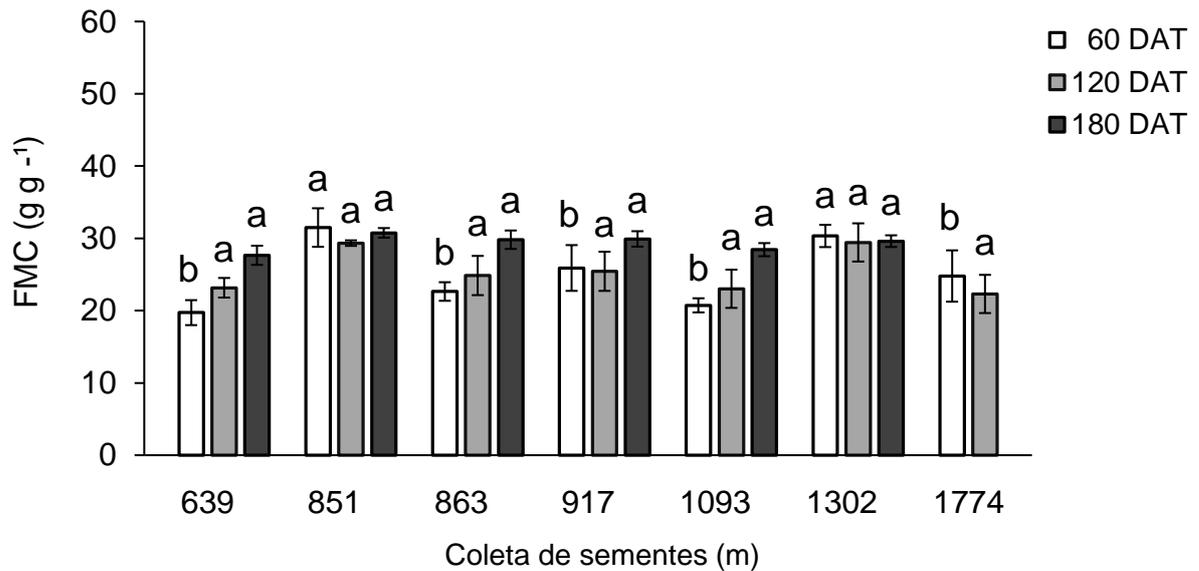


Figura 17 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMC (Fração de massa caulinar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

Em nosso estudo podemos observar que como esperado, características relacionadas ao uso de recursos e funcionamento radicular apresentaram fortes respostas à aclimação sob pleno sol (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A o 60 DAT, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para as mudas provenientes de populações a 1774 m, com  $26,14 \text{ g g}^{-1}$ . As maiores médias foram encontradas para as mudas provenientes das populações localizadas à 1093, 863 e 639m, com  $49,79$ ,  $49,42$  e  $48,71 \text{ g g}^{-1}$ , respectivamente. Aos 120 DAT, não houve diferença entre as populações, com maiores médias exibidas para mudas provenientes de populações a 917, 1774 e 639m, com  $49,20$ ,  $47,18$  e  $47,03 \text{ g g}^{-1}$ .

Essa tendência para o investimento em estruturas abaixo do solo sugere o ajuste de aclimação das mudas sob condições com maior regime luminoso. A maior alocação de fotoassimilados no sistema radicular de *M. coriacea* representou um dreno importante dos produtos fotossintéticos para a parte subterrânea. Essa característica funcional exibida pelas mudas provenientes de populações até 1302 m consolidou uma estratégia aprimorada para maior captação de água e absorção de

nutrientes para a manutenção do processo fotossintético. Esse controle poderá garantir às mudas maior capacidade para suportar intensa estacionalidade climática, como nos períodos de seca.

De forma similar ao observado para *M. coriacea*, no trabalho De OLIVEIRA (2012), com plântulas de *Tabebuia aurea*, também se verificou que houve maior tendência para o investimento de biomassa da raiz, em detrimento da parte aérea, à proporção em que a luz tornou-se mais disponível. Outros trabalhos sugeriram o mesmo padrão encontrado para espécies tropicais (RAMOS et al., 2004; AGUIAR, 2011, GUIMARÃES, 2018, De OLIVEIRA, 2019) .

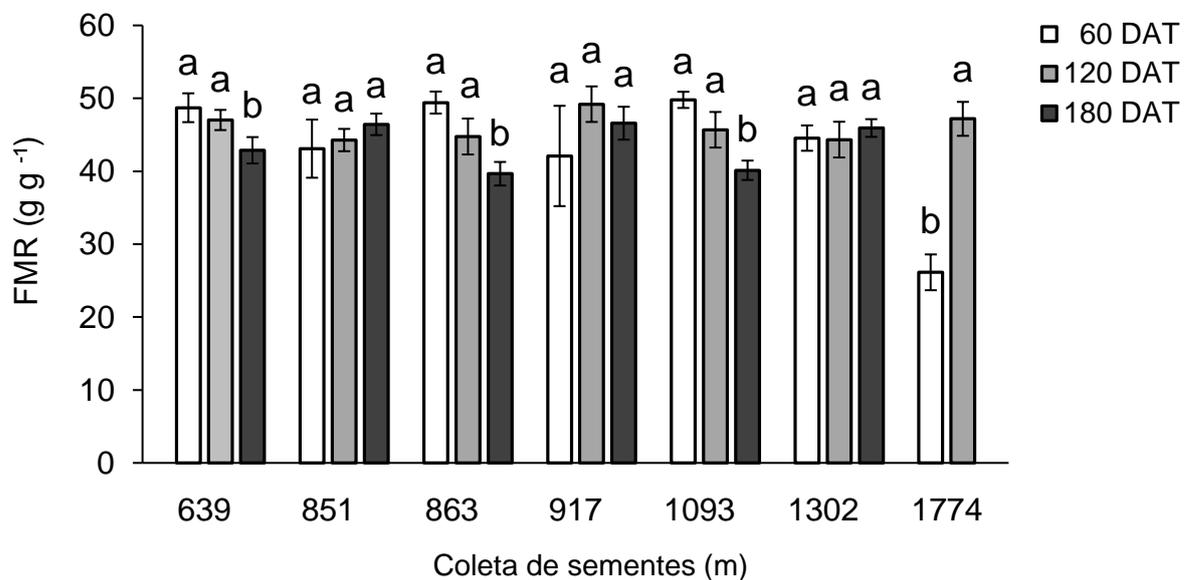


Figura 18 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro FMR (Fração de massa radicular). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.2.2 Área foliar específica (AFE)

O parâmetro AFE apresentou uma tendência linear ao longo do experimento. Esperávamos encontrar um padrão no aumento da AFE para populações em altitudes mais elevadas e uma diminuição nesse parâmetro para populações

localizadas em altitudes mais baixas. Foi possível observar esse padrão na avaliação aos 120 DAT. Para tanto, houve diferença significativa para as mudas provenientes de população à 1774 ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos ( ).

Este parâmetro está relacionado à alocação de biomassa por unidade de área, ao custo de construção das folhas e à longevidade foliar (Franco et al., 2005). Sendo a massa seca da folha inversamente proporcional a AFE, acréscimos na massa seca foliar, resultam em decréscimos na AFE, e assim foi observado para *M. coriacea* aos 180 DAT, combinado com a ocorrência de um acréscimo da AFE. Nesse caso, sob maior intensidade luminosa as plantas reduzem a área foliar e a espessura das folhas buscando minimizar a perda de água por transpiração sob maior demanda evapotranspiratória (ENDRES et al., 2010).

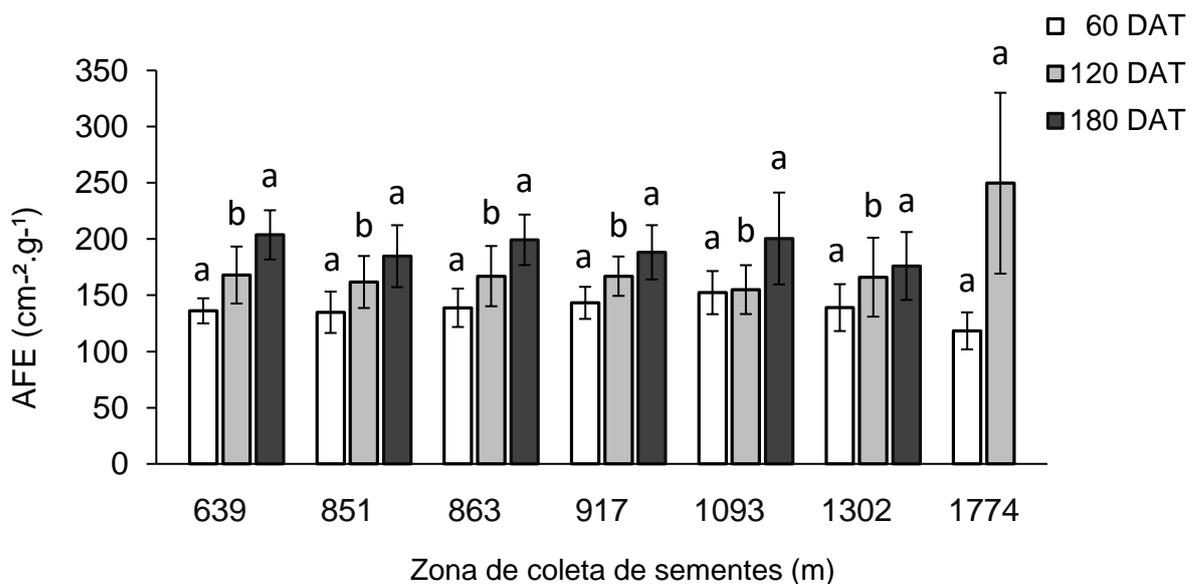


Figura 19 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro AFE (Área foliar específica). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.2.2 Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar (RAF) é a área foliar útil para a fotossíntese, sendo a razão entre a área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO<sub>2</sub> e a fitomassa seca total, que por sua vez, é o resultado sumário da fotossíntese (Benincasa, 2013; Cairo et al., 2008). Aos 60 DAT, a RAF foi maior para as mudas provenientes da população a 1774 m, com média igual a 59,29 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, havendo diferença significativa para população em relação às outras populações ( $P < 0,05$ ) (Erro! Fonte de referência não encontrada.). Aos 120 DAT não houve diferença significativa entre os tratamentos. Por outro lado, aos 180 DAT, as mudas provenientes de populações a 851, 917 e 1302 m se diferiram dos demais tratamentos, com médias iguais a 61,31, 44,69 e 42,40 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. O aumento da RAF para as mudas provenientes de populações a 639, 851 e 863 m demonstra que houve uma maior redução de biomassa do que em área foliar.

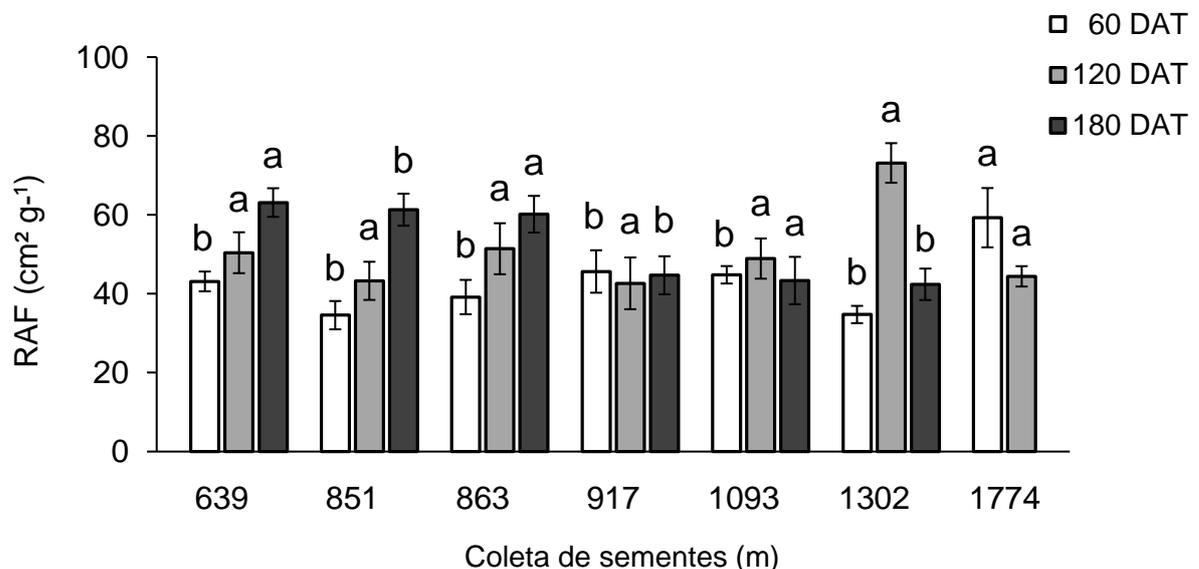


Figura 20 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro RAF (Razão de área foliar). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.2.2 Taxa assimilatória líquida (TAL)

O gráfico da taxa de assimilação líquida (TAL) está representada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Esse resultado revela que aos 60 DAT não houve diferença significativa entre as populações ( $P < 0,05$ ), exibindo maiores taxas para a população a 1774 m, com  $2,17 \text{ g cm}^{-2}$  de investimento por dia. Para tanto, aos 120 DAT é possível observar que a mesma população em destaque apresentou valores negativos, se diferenciando das demais populações ( $P < 0,05$ ). Aos 180 DAT não houve diferença significativa para as demais populações, com maior investimento diário para a população a 1302 m, com saldo diário igual a  $2,79 \text{ g cm}^{-2}$ .

Na prática o aumento da temperatura associado a maior dinâmica de radiação são fatores preponderantes no comportamento fisiológico e no crescimento de espécies florestais. Segundo Wise et al (2004), a exposição de plantas sob condições de temperaturas moderadamente altas (35 a 42°C) podem causar danos diretos na maquinaria fotossintética. Dias e Marrenco (2007) adiciona que em elevadas temperaturas, a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida pela diminuição da condutância estomática em detrimento ao aumento da respiração mitocondrial e da fotorrespiração.

Moreira (2015) trabalhando com a mesma população localizada a 1774 m observou que, sob elevadas altitudes, as plantas de *M. coriacea* apresentavam um controle eficiente da transpiração (menor abertura estomática) e maior eficiência no uso da água. Nesse caso, a disparidade na redução da taxa assimilatória líquida para as mudas provenientes de populações a 1774 m pode ser justificada pelo fato de que havia, ao longo do experimento, uma condutância estomática e uma transpiração significativamente superior no viveiro florestal, o que pode ter acarretado prejuízos ao crescimento.

Outra hipótese é que essa depressão na taxa assimilatória foi provavelmente uma incapacidade das folhas para dissipar o excesso de energia de excitação e desenvolver mecanismos fotoprotetores eficazes, resultando uma fotoinibição crônica, como proposto para outras espécies arbóreas (GONÇALVES et al., 2005; KITAO et al., 2006; CALZAVARA et al., 2017; CALZAVARA et al., 2019). Nesta condição, os efeitos da fotoinibição podem ser minimizados pela produção de novas folhas com características bioquímicas e estruturais que levam a aclimação eficiente à altas irradiâncias e temperatura elevada (MAZZANATTI, 2016).

É necessário ponderar que as taxas de assimilação líquida negativa representada pela população a 1774 m aos 120 DAT coincide com as menores taxas de crescimento exibida pela população nos parâmetros avaliados anteriormente. Presume-se que o crescimento observado até 60 dias foi acompanhado pelo grande investimento em tecidos fotossintetizantes, mas que em situações adversas como as condições do viveiro florestal, os indivíduos lançaram mão de suas reservas para se manter até que as condições ambientais voltassem a ser toleráveis ou ótimas.

Em contraste, acréscimos graduais da TAL, exibidos pelas mudas provenientes de populações localizadas até 1302 m, confirmam a regulação dinâmica do excesso de energia absorvida, relevando a eficiência da maquinaria fotossintética nas mudas para suprir a demanda fisiológica. Consistentes com a alta capacidade fotossintética das mudas aclimatadas à pleno sol, ressaltamos o favorecimento dessas plântulas em campo.

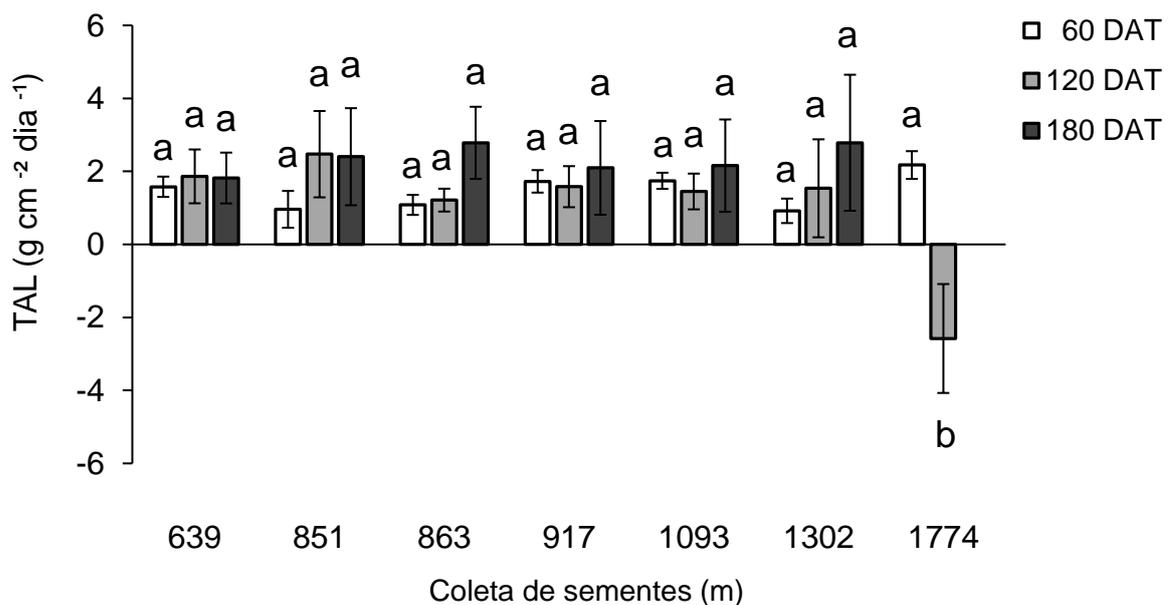


Figura 21 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro TAL (Taxa assimilatória líquida). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.2.2 Taxa de crescimento relativo (TCR)

De fato, as alterações indicadas pelas condições microclimáticas influenciaram os componentes subjacentes a TCR durante o experimento. De acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, ao 60 DAT as mudas provenientes de populações a 1774 m se destacaram com as maiores taxas, havendo diferença significativa entre as populações 1302, 863 e 851 com as demais populações ( $P < 0,05$ ). Aos 120 DAT a população 1774 m apresentou valores negativos para esse parâmetro, havendo diferença significativa entre as demais populações ( $P < 0,05$ ).

A taxa de crescimento de uma planta é um indicador proeminente das estratégias para lidar com o estresse e a perturbação ambiental (PEREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). De modo geral, a temperatura pode influenciar significativamente a taxa de crescimento relativo de uma determinada planta, assim como outros fatores abióticos, como disponibilidade de água e nutrientes e irradiância (GRIME e HUNT, 1975; CHAPIN, 1980; LOVEYS, 2002). A importância de ter um TCR mais alta é que ele pode determinar uma biomassa mais alta e isso pode tornar a planta mais competitiva e oferecer vantagens em ambientes naturais (RUIZ-ROBLETO e VILLAR, 2005). No geral, espécies com alta TCR apresentam altas taxas de fotossíntese e respiração por unidade de massa, exigindo altos níveis de nutrientes para sustentar essa atividade fisiológica e alta rotação das folhas (WRIGHT et al., 2004). Os valores são particularmente aumentados durante o crescimento inicial, sustentados pela importância relativa da área foliar específica e da taxa assimilatória líquida (ANTÚNEZ et al., 2001; SHIPLEY, 2002).

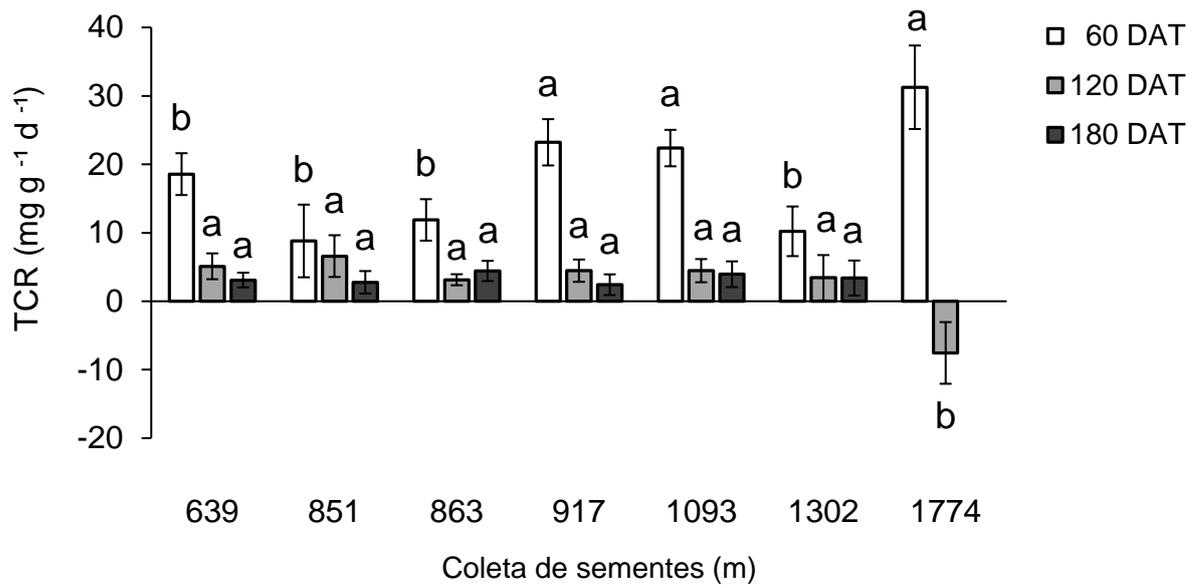


Figura 22 - Posição média relativa das populações para o atributo/parâmetro TCR (Taxa de crescimento relativo). 639 m (População 1); 851 m (População 2); 863 m (População 3); 917 m (População 4); 1093 m (População 5); 1302 m (População 6); 1774 m (População 7). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes em metros, nas 3 épocas de avaliação: 60 DAT (dias após transplântio), 120.DAT (dias após transplântio) e 180 DAT (dias após transplântio). As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

### 4.3 Trocas gasosas

Os parâmetros fisiológicos derivados das trocas gasosas conduzidas no experimento em jardim comum suportaram o desempenho ecofisiológico aprimorado observado nas populações localizadas abaixo de 1774 m de altitude, no entanto, houve diferença significativa entre os tratamentos apenas para taxa de transporte de elétrons (ETR) ( $P < 0,05$ ), como observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Apesar dessa redução ter sido estatisticamente diferente nas mudas provenientes das populações a 863 e 1302 m, houve uma tendência acompanhada na redução para os demais parâmetros avaliados.

O padrão observado na taxa fotossintética líquida ( $A$ ), juntamente com a redução na condutância estomática ao vapor de água ( $g_s$ ), nas mudas provenientes das populações supracitadas, indica que a fotossíntese foi, fundamentalmente, limitada pelo fechamento dos estômatos. De acordo com Oren (1999), o fechamento estomático é o principal correspondente para evitar excessiva desidratação e danos fisiológicos, como exemplo, alteração no funcionamento normal da fotossíntese, transpiração e respiração de plantas.

Caso essa barreira seja influenciada por alguma limitação hídrica, o potencial de água na folha pode reduzir drasticamente através do fechamento estomático. Esse efeito causa uma redução de  $CO_2$  para os sítios de carboxilação da rubisco no interior do cloroplasto em detrimento da manutenção do potencial hídrico, influenciando diretamente em seu estado energético (PRIOR e BOWMAN, 2014). Como não houve limitação hídrica, nossa hipótese é que o ajuste estomático, restringiu a condutância estomática ( $g_s$ ), diminuindo a taxa transpiratória ( $E$ ) e a taxa de transporte de elétrons (ETR), elucidando assim, a existência de mecanismos de aclimação no sentido de atenuar os efeitos das maiores perdas de água das folhas dessas populações em horários de maior demanda evaporativa, como no período da avaliação (entre 10:00 a 12:00). Cabe ressaltar que essa redução não foi suficiente a ponto de evitar mudanças significativas no potencial da folha, mantendo a integridade do rendimento quântico do fotossistema II (FSII).

Durante todo processo fotoinibitório as mudas de todos tratamentos mantiveram um valor próximo a 0,8, com maiores valores representados pelas mudas obtidas de populações a 639m com 0,82 e os menores valores exibidos pelas mudas provenientes de populações a 863m, com 0,78. A intensidade da fotoinibição pode ser

inferida pela diminuição na eficiência quântica máxima do fotossistema II (FSII) (LONG et al., 1994), sendo um bom indicador da integridade e desempenho da maquinaria fotossintética da planta (Maxwell e Johnson, 2000). De acordo com Lichtenthaler et al (1982), quando a razão  $F_v/F_m$  apresenta valores entre 0,75 e 0,85 não há evidências de fotoinibição. Nesse mesmo contexto, Critchley (1998) elucida que esse valor é característico de plantas que crescem a pleno sol. O autor ainda relata que valores abaixo de 0,72, as folhas certamente estarão submetidas à danos fotoinibitórios. O valor encontrado sugere que as mudas não apresentaram evidências de fotoinibição dos seus tecidos foliares, indicando uma provável regulação fotoprotetora, possibilitada pela capacidade de dissipação da energia absorvida em excesso. Esse mesmo efeito foi proposto anteriormente para outras espécies arbóreas tropicais (CLAUSSEN, 1996; KITAO, 2000; MATSUKI et al., 2003; ENDRES et al., 2010; GONÇALVES et al., 2013).

Sage e colaboradores (2008) apontam em seu trabalho que os processos de difusão do vapor de água e CO<sub>2</sub> entre a cavidade estomática e a atmosfera é o principal controle regulatório sobre a transpiração e, portanto, é enfatizada nas análises de trocas gasosas. Geralmente, as limitações estomáticas tendem a ser maiores sob temperaturas elevadas (LEE et al., 2000; HANBA et al., 2002). À medida que as temperaturas aumentam, a diferença de pressão de vapor aumenta (DPV) entre folhas e ar aumenta exponencialmente. A literatura afirma que um aumento do DPV de 1 para 2 kPa, em função do aumento da temperatura, pode causar quedas de até 50% na taxa de fotossíntese em mudas de algumas espécies arbóreas, devido à limitação estomática (Habermann et al., 2003). Esse cenário é comum em locais com alta demanda transpiratória, explicando grande parte do fenômeno conhecido como “fechamento estomático ao meio-dia” (PONS e WELSCHEN, 2003; TAY et al., 2007). De qualquer forma, uma redução na condutância estomática em locais mais secos e com alta demanda transpiratória pode proteger a via hidráulica raiz-folha (pela sensibilidade e controle da abertura estomática), reduzindo a taxa de transpiração das plantas e conseqüentemente uma redução na taxa de transporte de elétrons (ETR), o mesmo sugerido para outras espécies tropicais (HANBA et al., 2002; MAZZANATTI et al., 2016).

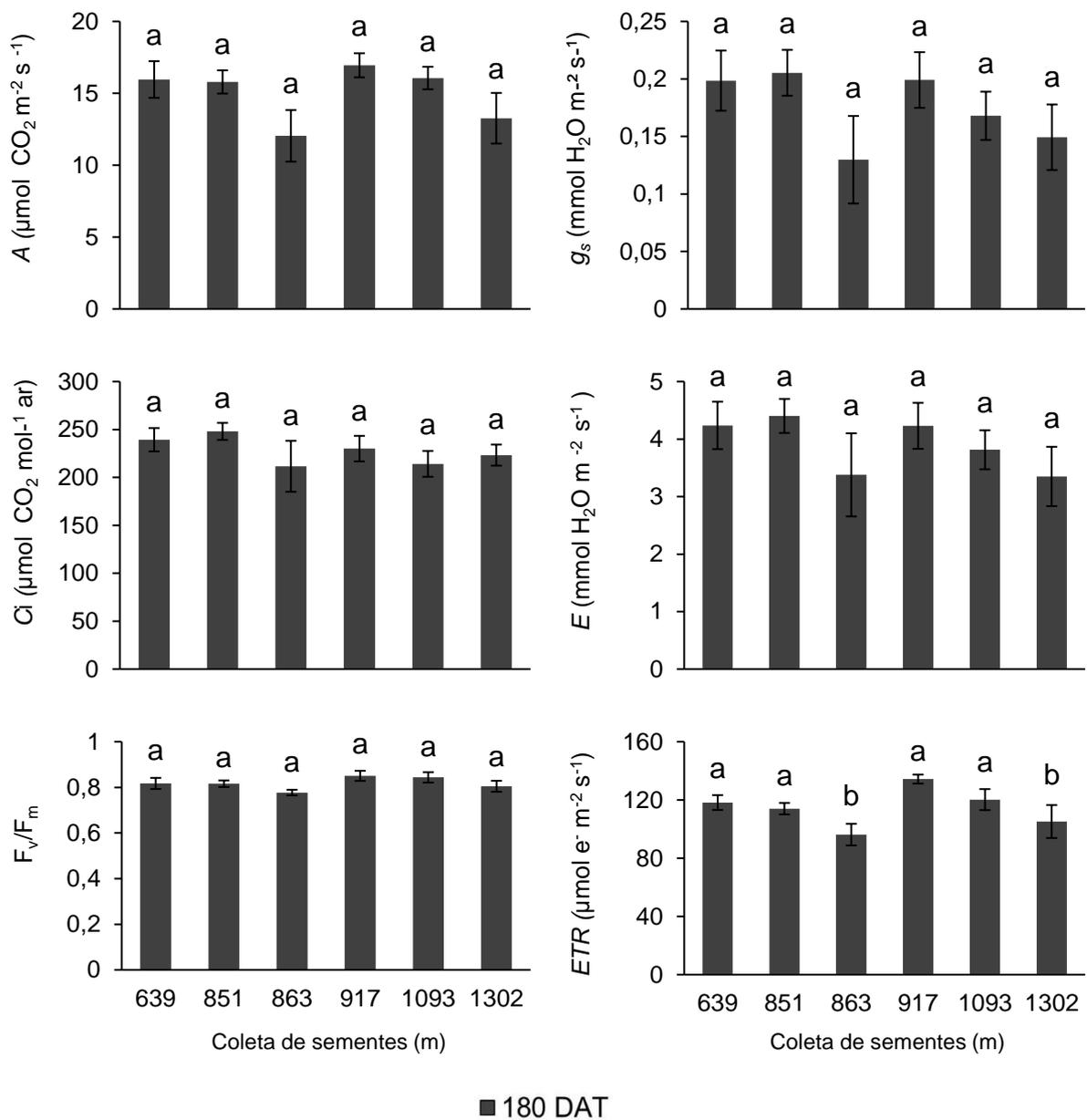


Figura 23 - Parâmetros fotossintéticos [taxa de assimilação líquida do carbono ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), taxa transpiratória ( $E$ ), eficiência fotoquímica máxima do FSII ( $F_v/F_m$ ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em seis populações de *Myrsine coriacea* representadas pela zona de coleta de semente em metros. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as populações para um mesmo atributo ( $P < 0,05$ ), considerando as médias de cada população em função da zona de coleta de sementes, nas 3 épocas de avaliação. As barras representam o erro padrão ( $\pm$ ) para cada média.

#### 4.4 Ordenação entre as características funcionais

O diagrama da ordenação canônica de coordenadas principais (CAP) aos 60 dias após transplante identificou dois grandes eixos que explicaram 44,3% da variação das características ecofisiológicas entre as matrizes provenientes de sete populações de *M. coriacea*. Houve diferença significativa no desempenho entre as populações ( $P < 0,001$ ) (Figura 24, A). A primeira coordenada principal expressa principalmente a diferença das matrizes localizada à 1774 m em relação às outras populações. O seu desempenho esteve associado principalmente aos maiores valores de FMF, RAF, TCR e TAL, complementando a eficiência nas estratégias ecofisiológicas. Por outro lado, essa mesma população esteve associada negativamente aos parâmetros H e DC, discutidos anteriormente. As matrizes provenientes de populações à 863 e 917 m estiveram fortemente relacionadas ao atributo AFE, assim como, as matrizes de populações a 851 e 1302 m estiveram relacionadas a FMC. Os dois eixos surgem de diferentes estratégias de aquisição e eficiência no uso de recursos.

A CAP aos 120 DAT mostrou um padrão significativo ( $P < 0,001$ ) entre as populações. O Parâmetro AFE esteve relacionado positivamente à população localizada a 1774. Por outro lado, essa mesma população esteve relacionada negativamente ao parâmetro DC e H.

No que concerne ao crescimento das mudas aos 180 DAT (Figura 24, C), verificou-se que em todas as variáveis analisadas, ocorreu uma tendência linear positiva, ou seja, houve incremento gradativo com o avanço do desenvolvimento inicial das plantas, não havendo diferença entre as matrizes analisadas ( $P = 0,09$ ).

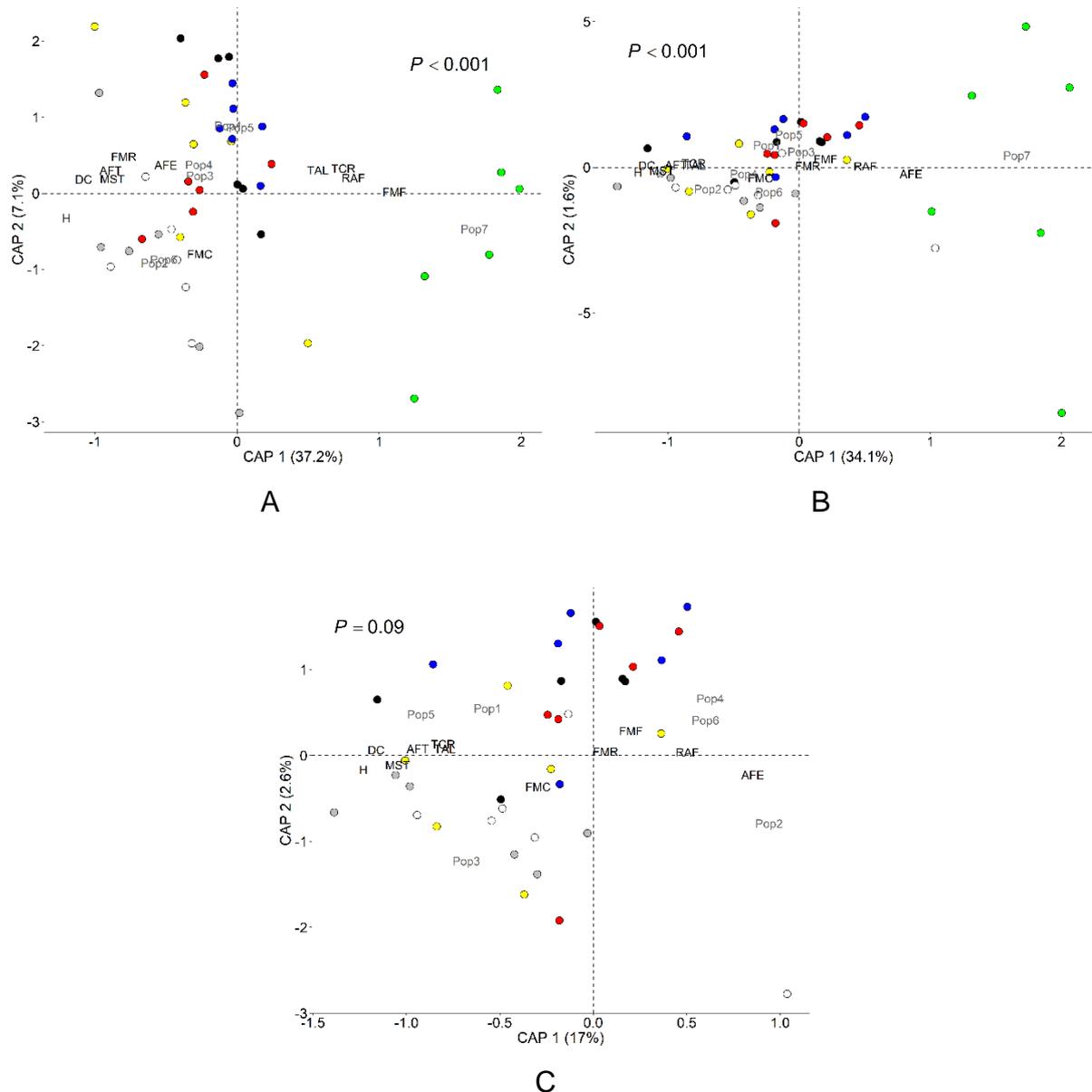


Figura 24 – Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica para 16 parâmetros fisiológicos atribuídos às matrizes de sete populações de *Myrsine coriacea* em jardim comum. Em A: mudas aos 60 dias após transplântio; Em B: mudas aos 120 dias após transplântio e em C: mudas aos 180 dias após transplântio. As cores representam: Preto (639 m); Cinza (851 m); Vermelha (863 m); Amarelo (917 m); Azul (1093 m); Branco (1302 m) e Verde (1774 m). DC (diâmetro do coleto); H (altura); AFT (área foliar total); AFE (área foliar específica); MST (massa seca total); FMR (fração de massa foliar); FMC (fração de massa caulinar); FMR (fração de massa radicular); TCR (taxa de crescimento relativo e TAL (taxa de assimilação líquida).

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos reforçam a importância do estudo na aclimação de mudas como ferramenta para o reestabelecimento de áreas que sofreram algum tipo de distúrbio. O estudo revelou que as matrizes provenientes de populações localizadas até 1302 metros são promissoras para a utilização em projetos de restauração ecológica via sua robustez durante o experimento. De certo modo, as mudas provenientes das matrizes da população de 1774 metros obtiveram uma qualidade insatisfatória no ambiente de estudo, fato observado na mortalidade de todos indivíduos na última avaliação. O plantio sob a mesma condição estabelecida no viveiro florestal, a 120 metros, pode tornar os projetos de recuperação de áreas degradadas inviável.

Caso o objetivo do projeto de restauração seja restaurar áreas próxima à localização da população de 1774 metros, sugerimos a instalação de um jardim comum em condições climáticas mais amenas, ou seja, em condições de altitude mais elevadas em que as temperaturas possam auxiliar na aptidão das mudas produzidas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M. Qualidade de mudas para recomposição florestal produzidas em diferentes recipientes. 2011. 21f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- ACKERLY, David D. et al. The Evolution of Plant Ecophysiological Traits: Recent Advances and Future Directions: New research addresses natural selection, genetic constraints, and the adaptive evolution of plant ecophysiological traits. **Bioscience**, v. 50, n. 11, p. 979-995, 2000.
- AGUIAR, Francismar Francisco Alves et al. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 729-734, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANGERT, A. L., and D. W. SCHEMSKE. "THE EVOLUTION OF SPECIES'DISTRIBUTIONS: RECIPROCAL TRANSPLANTS ACROSS THE ELEVATION RANGES OF MIMULUS CARDINALIS AND M. LEWISII." *Evolution* 59, no. 8 (2005): 1671-1684.
- ANTÚNEZ, Isabel; RETAMOSA, Emilio C.; VILLAR, Rafael. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. **Oecologia**, v. 128, n. 2, p. 172-180, 2001.
- BARBOSA J. M., Eisenlohr P. V., Rodrigues M. A., Barbosa K. V. Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais. In: Martins SV, editor. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa: Editora UFV; 2012.
- BEGNINI, R. M., e CASTELLANI, T. T. 2013. Seed rain under the canopies of female and male *Myrsine coriacea*, a pioneer tree from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology** 29: 391399.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BITA, Craita, and Tom Gerats. "Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops." *Frontiers in plant science* 4 (2013): 273.
- BORTOLINI, M. F.; et. al. Crescimento de mudas de *Gleditschia amorphoides* Taub. produzidas em diferentes substratos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.22, n.1, p.35-46, janmar ., 2012.
- BRANCALION, Pedro H. S. et al. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 856-867, 2016.

BREED, Martin F. et al. Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. **Conservation Genetics**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2013.

BROADHURST, Linda M. et al. Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. **Evolutionary Applications**, v. 1, n. 4, p. 587-597, 2008.

BROUWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. [sn], 1962.

BUCHAROVA, Anna et al. Are local plants the best for ecosystem restoration? It depends on how you analyze the data. **Ecology and evolution**, v. 7, n. 24, p. 10683-10689, 2017.

BURDETT, A. N. Quality control in the production of forest planting stock. *For. Chron.* 1983, 59, 132–138.

BYARS, Sean G .; PAPST, Warwick; HOFFMANN, Ary A. Adaptação local e seleção de cogradientes na planta alpina *Poa hiemata*, ao longo de um gradiente altitudinal estreito. **Evolução: International Journal of Organic Evolution** , v. 61, n. 12, p. 2925-2941, 2007.

Byars, Sean G., Warwick Papst, and Ary A. Hoffmann. "Local adaptation and cogradient selection in the alpine plant, *Poa hiemata*, along a narrow altitudinal gradient. **Evolution: International Journal of Organic Evolution** 61, no. 12 (2007): 2925-2941.

CALZAVARA, A. K. et al. Acclimation responses to high light by *Guazuma ulmifolia* Lam.(Malvaceae) leaves at different stages of development. **Plant Biology**, v. 19, n. 5, p. 720-727, 2017.

CALZAVARA, A. K. et al. Photosynthetic light-response curves of light-demanding and shade-tolerant seedlings of neotropical tree species. **PHOTOSYNTHETICA**, v. 57, n. 2, p. 470-474, 2019.

CAVATTE, Paulo Cezar. Variações morfofisiológicas na aclimação e reaclimação do cafeeiro à disponibilidade de luz e de água. 2011.

CHAPIN III, F. Stuart. "The mineral nutrition of wild plants." *Annual review of ecology and systematics* 11, no. 1 (1980): 233-260.

CHAZDON, R. L.; FETCHER, N. Light environments of tropical forests. In: **Physiological ecology of plants of the wet tropics**. Springer, Dordrecht, 1984. p. 27-36.

CHOWN, Steven L.; GASTON, Kevin J. Macrophysiology—progress and prospects. **Functional Ecology**, v. 30, n. 3, p. 330-344, 2016.

CLAUSSEN J. W. (1996) Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. *For Ecol Manag* 80:245–255

CLEARY, B. D.; Greaves, R. D.; Owsten, P.W. Seedlings. In *Regenerating Oregon's Forests: A Guide for the Regeneration Forester*; Cleary, B.D., Greaves, R.D.,

Hermann, R.K., Eds.; Oregon State University, Extension Service, Extension Manual 7: Corvallis, OR, USA, 1978; pp. 63–97

COOKE, Steven J. et al. What is conservation physiology? Perspectives on an increasingly integrated and essential science. **Conservation Physiology**, v. 1, n. 1, p. cot001, 2013.

COOKE, Steven J.; SUSKI, Cory D. Ecological restoration and physiology: an overdue integration. **BioScience**, v. 58, n. 10, p. 957-968, 2008.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Anatomia Vegetal. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

COTARELLI, V. M. Avaliação do crescimento de espécies arbóreas nativas implantadas em áreas degradadas por pastagens no litoral do Paraná. 2007. 40 f. Monografia (Especialização em Gestão dos Recursos Naturais) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

CRAVEN, D.; GULAMHUSSEIN, S.; BERLYN, G. P. Physiological and anatomical responses of *Acacia koa* (Gray) seedlings to varying light and drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, v. 60, p. 205-213, 2010.

CRITCHLEY, C., 1998. Photoinhibition. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). *Photosynthesis: A comprehensive treatise*. Cambridge: Cambridge University Press. p.264-272.

CUZZOL GRF, MILANEZ CRD (2012) Morphological and physiological adjustments in juvenile tropical trees under contrasting sunlight irradiance. In: Najafpour MM (ed) *Advances in photosynthesis—fundamental aspects*. InTech, Rijeka, pp 501–519

DAVIS, S.D.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New For.* 2005, 30, 295–311.

DE FÁTIMA FREITAS, Maria; KINOSHITA, Luiza Sumiko. *Myrsine* (Myrsinoideae-Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, 2015.

DE FRENNE, Pieter et al. Latitudinal gradients as natural laboratories to infer species' responses to temperature. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 3, p. 784-795, 2013.

DE JESUS, S., e MONTEIRO-FILHO, E.L.D.A. 2007. Frugivoria por aves em *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) e *Myrsine coriacea* (Myrsinaceae). **Revista Brasileira de Ornitologia** 15: 585-591.

De OLIVEIRA, Ademir Kleber Morbeck et al. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 263-273, 2012.

De OLIVEIRA, Ademir Kleber Morbeck; GUALTIERI, Sônia Cristina Juliano. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 90-103, 2019.

DIAS, Daniela Pereira; MARENCO, Ricardo Antonio. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. 2007.

DIRNBÖCK, Thomas; ESSL, Franz; RABITSCH, Wolfgang. Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. **Global Change Biology**, v. 17, n. 2, p. 990-996, 2011.

DOS SANTOS, Laércio Wanderley; COELHO, Maria de Fatima Barbosa; DE AZEVEDO, Rodrigo Aleixo Brito. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 33, n. 74, p. 151-158, 2013.

ENDRES, Laurício et al. Morphological and photosynthetic alterations in the Yellow-ipe, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl., under nursery shading and gas exchange after being transferred to full sunlight. **Agroforestry systems**, v. 78, n. 3, p. 287-298, 2010.

Engel, V. L., e POGGIANI, F. (1990). Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. *IPEF, Piracicaba*, 43(44), 1-10.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 152, n. 1-3, p. 169-191, 2001.

FANTI SC e PEREZ SCJGA (2003) Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L. *Ciência Florestal*, 13:49-56.

FARIAS NETO, J. T.; MULLER, A. A.; OLIVEIRA, M. S. P.; ESPIRITO SANTO, D. E.; SILVA, M. A. Variabilidade genética entre duas procedências de açaezeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 46, p. 97-104, 2003.

FELFILI, Jeanine Maria et al. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. 1999.

FISHER, Joshua B., Yadvinder Malhi, Israel Cuba Torres, Daniel B. Metcalfe, Martine J. van de Weg, Patrick Meir, Javier E. Silva-Espejo, and Walter Huaraca Huasco. "Nutrient limitation in rainforests and cloud forests along a 3,000-m elevation gradient in the Peruvian Andes. **Oecologia** 172, no. 3 (2013): 889-902.

FOWLER, João Antonio Pereira; BIANCHETTI, Arnaldo. Dormência em sementes florestais. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2000.

FREITAS, M. F. e CARRIJO, T. T. (2008) A família Myrsinaceae nos contrafortes do maciço da Tijuca e entorno do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, Vol. 59, n. 4, p.813-828.

FREITAS, M.F. e KINOSHITA, L.S. 2015. Myrsine (Myrsinoideae- Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia** 66(1): 167-189.

GONÇALVES ER, Souza FC, Santos LN, Silva JV, Ferreira VM, Endres L (2013) Morphological and photosynthetic adaptations of *Tabebuia aurea* seedlings in the nursery. *Rev Bras Eng Agríc Ambient* 17:1201–1209

GONÇALVES JFC, Barreto DCS, Santos-Junior UM, Fernandes AV, Sampaio PTB, Buckeridge MS (2005) Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. *Braz J Plant Physiol* 17:325–334

GRIME, J. P., and Roderick Hunt. "Relative growth-rate: its range and adaptive significance in a local flora." *The Journal of Ecology* (1975): 393-422.

GROSSNICKLE, S., e MACDONALD, J. (2018). Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes. *Forests*, 9(5), 283. <https://doi.org/10.3390/f9050283>.

GROSSNICKLE, S.C. Why seedlings survive: Importance of plant attributes. *New For.* 2012, 43, 711–738.

GROSSNICKLE, S.C.; South, D.B. Fall acclimation and the lift/store pathway: Effect on reforestation. *Open For. Sci. J.* 2014, 7, 1–20.

GUERTA, R.S. et al. 2011. Bird frugivory and seed germination of *Myrsine umbellata* and *Myrsine lancifolia* (Myrsinaceae) seeds in a cerrado fragment in southeastern Brazil. ***Biota Neotropica*** 11: 5965.

GUIMARÃES, David Santana. INFLUÊNCIA DA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO E FENOLOGIA DE PLANTAS DE *PHYSALIS IXOCARPA* 'ROXA'. ***Anais Seminário de Iniciação Científica***, n. 20, 2018.

HAASE, D.L. Understanding forest seedling quality: Measurements and interpretation. *Tree Plant. Notes* 2008, 52, 24–30.

HABERMANN, G.; MACHADO, E.C.; RODRIGUES, J.D.; MEDINA, C.L. Gas exchange rates at different vapor pressure deficits and water relations of 'Pera' sweet orange plants with citrus variegated chlorosis. *Scientia Horticulturae*, v.98, p.233-245, 2003b.

HAGGERTY, Brian P., and Laura F. GALLOWAY. "Response of individual components of reproductive phenology to growing season length in a monocarpic herb." *Journal of Ecology* 99, no. 1 (2011): 242-253.

HANBA YT, Kogami H, Terashima I (2002) The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell Environ* 25:1021–1030

HULSHOF, Catherine M.; SWENSON, Nathan G.; WEISER, Michael D. Tree height–diameter allometry across the United States. ***Ecology and evolution***, v. 5, n. 6, p. 1193-1204, 2015

Jacobs, D. F., Oliet, J. A., Aronson, J., Bolte, A., Bullock, J. M., Donoso, P. J., Weber, J. C. (2015). Restoring forests: What constitutes success in the twenty-first century? *New Forests*, 46(5–6), 601–614. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9513-5>

JUMP, Alistair S., Csaba Mátyás, and Josep Peñuelas. "The altitude-for-latitude disparity in the range retractions of woody species." *Trends in ecology & evolution* 24, no. 12 (2009): 694-701.

- KAMINSKI, N. 2013. CONSUMO DE FRUTOS POR TRÊS ESPÉCIES DE PICIDAE EM ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DE SANTA CATARINA. *BIOTEMAS* 26(3):261-263.
- KAWECKI, Tadeusz J., and Dieter EBERT. "Conceptual issues in local adaptation." *Ecology letters* 7, no. 12 (2004): 1225-1241.
- KELLY, J.; JOSE, S.; NICHOLS, J. D.; BRISTOW, M. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. *Forest Ecology and Management*, v. 257, n. 1, p. 287-293, 2009.
- KIMBALL, Sarah et al. Fitness and physiology in a variable environment. *Oecologia*, v. 169, n. 2, p. 319-329, 2012.
- KITAO M, Lei TT, Koike T, Tobita H, Maruyama Y (2000) Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. *Plant Cell Environ* 23:81–89
- KITAO M, Lei TT, Koike T, Tobita H, Maruyama Y (2000) Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. *Plant Cell Environ* 23:81–89
- KITAO, Mitsutoshi et al. Tradeoff between shade adaptation and mitigation of photoinhibition in leaves of *Quercus mongolica* and *Acer mono* acclimated to deep shade. *Tree physiology*, v. 26, n. 4, p. 441-448, 2006.
- KLEIN, R. M. 1981. Fisionomia, importância e recursos da vegetação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. *Sellowia* 33: 5-57.
- KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. *Sellowia*, Itajaí, v. 32, n. 32, p. 164-369, 1980.
- KLUGE, Jürgen et al. Elevational seed plants richness patterns in Bhutan, Eastern Himalaya. *Journal of biogeography*, v. 44, n. 8, p. 1711-1722, 2017.
- KÖRNER, Christian. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology & evolution*, v. 22, n. 11, p. 569-574, 2007.
- LAMEIRA, Lohana Lopes et al. Plant-canopy Effects on Natural Regeneration in Sites Under Restoration: Do Tree Species Matter?. *Floresta e Ambiente*, v. 26, n. SPE1, 2019.
- LEE DW, Oberbauer SF, Johnson P, Krishnapilay B, Mansor M, Mohamed H, Yap SK (2000) Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. *Am J Bot* 87:447–455
- LEMBRECHTS, Jonas J., Aníbal Pauchard, Jonathan Lenoir, Martín A. Nuñez, Charly Geron, Arne Ven, Pablo Bravo-Monasterio, Ernesto Teneb, Ivan Nijs, and Ann Milbau. "Disturbance is the key to plant invasions in cold environments." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, no. 49 (2016): 14061-14066.
- LENOIR, Jonathan, Jean-Claude Gégout, P. A. Marquet, P. De Ruffray, and H. Brisse. "A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century." *science* 320, no. 5884 (2008): 1768-1771.

- LICHTENTHALER, Hartmut K. et al. Chlorophyll-protein levels and degree of thylakoid stacking in radish chloroplasts from high-light, low-light and bentazon-treated plants. **Physiologia Plantarum**, v. 56, n. 2, p. 183-188, 1982.
- LINDNER, Marcus et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. **Forest ecology and management**, v. 259, n. 4, p. 698-709, 2010.
- LONG, S.P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.45, p.633-662, 1994.
- LONGWORTH, J. Benjamin; WILLIAMSON, G. Bruce. Composition and Diversity of Woody Plants in Tree Plantations Versus Secondary Forests in Costa Rican Lowlands. **Tropical Conservation Science**, v. 11, p. 1940082918773298, 2018.
- LOVEYS, B. R., I. Scheurwater, T. L. Pons, A. H. Fitter, and O. K. Atkin. "Growth temperature influences the underlying components of relative growth rate: an investigation using inherently fast-and slow-growing plant species." *Plant, cell & environment* 25, no. 8 (2002): 975-988.
- MACEDO, M. C., et. al., Produção de mudas de ipê-branco em diferentes substratos. *Revista Cerne*, Lavras, v.17, n.1, p.95-102, 2011.
- MACEK, Petr, Jana Macková, and Francesco de Bello. "Morphological and ecophysiological traits shaping altitudinal distribution of three *Polylepis* treeline species in the dry tropical Andes." *Acta Oecologica* 35, no. 6 (2009): 778-785.
- MARTINELLI, Gustavo et al. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, p. 209-258, 2008.
- MARTINELLI, Gustavo. Mountain biodiversity in Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 4, p. 587-597, 2007.
- MATOS, Fábio Santos et al. Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 265-272, 2011.
- MATSUKI S, Ogawa K, Tanaka A, Hara T (2003) Morphological and photosynthetic responses of *Quercus crispula* seedlings to high-light conditions. *Tree Physiol* 23:769–775
- MAZZANATTI, Thaís et al. Light acclimation in nursery: morphoanatomy and ecophysiology of seedlings of three light-demanding neotropical tree species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 19-28, 2016.
- MIDOLO, Gabriele et al. Global patterns of intraspecific leaf trait responses to elevation. **Global change biology**, v. 25, n. 7, p. 2485-2498, 2019.
- MOREIRA, VINICIUS FERREIRA. Desempenho Ecofisiológico de uma Espécie Dioica (*Myrsine Coriacea*) em Diferentes Fitofisionomias da Floresta Atlântica. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

MOTA, Graciene Silva et al. Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in south-eastern Brazil. **Flora**, v. 238, p. 32-42, 2018.

MÜLLER, A. A.; FARIAS NETO J. T.; ESPIRITO SANTO, D. E. S.; SILVA, M. R. A. Variação genética em progênies de açazeiro branco. *Rev. Ciências Agrárias*, Belém, n. 43, p.188-193, 2005.

NICOTRA, Adrienne B. et al. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends in plant science**, v. 15, n. 12, p. 684-692, 2010.

OAKLEY, Christopher G. et al. Genetic basis of photosynthetic responses to cold in two locally adapted populations of *Arabidopsis thaliana*. **Journal of experimental botany**, v. 69, n. 3, p. 699-709, 2017.

O'BRIEN, ELEANOR K.; MAZANEC, Richard A.; KRAUSS, Siegfried L. Provenance variation of ecologically important traits of forest trees: implications for restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 3, p. 583-593, 2007.

PASCHOA, R. P. Diversidade Genética da Espécie Dioica *Myrsine Coriacea* (primulaceae) da Floresta Atlântica. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

PASCOTTO, Márcia C. *Rapanea ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez.(Myrsinaceae) as an important food resource birds in a gallery forest in São Paulo, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 3, p. 735-741, 2007.

PEREZ-HARGUINDEGUY, Natalia et al. Corrigendum to: new handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, v. 64, n. 8, p. 715-716, 2016.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Espacialização da temperatura do ar no Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

PIGLIUCCI, Massimo et al. **Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture**. JHU Press, 2001.

PINTO, J.R. Morphology targets: What do seedling morphological attributes tell us. In National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2010; RMRS-P-65; U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Fort Collins, CO, USA, 2011; pp. 74–79.

PONS, Thijs L.; WELSCHEN, Rob AM. Midday depression of net photosynthesis in the tropical rainforest tree *Eperua grandiflora*: contributions of stomatal and internal conductances, respiration and Rubisco functioning. **Tree Physiology**, v. 23, n. 14, p. 937-947, 2003.

Poorter, Hendrik, Karl J. Niklas, Peter B. Reich, Jacek Oleksyn, Pieter Poot, and Liesje Mommer. "Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control." *New Phytologist* 193, no. 1 (2012): 30-50.

- POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. *Functional Ecology*, v. 15, p. 113-123, 2001.
- POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. *Functional Ecology*, v. 15, p. 113-123, 2001.
- PREZOTTI, L. C. et al. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. 2013.
- PRIOR L. D.; BOWMAN D. M. J. S. Big eucalypts grow more slowly in a warm climate: evidence of an interaction between tree size and temperature. *Global change biology*, v. 20, n. 9, p. 2793-2799, 2014.
- QUINTÃO, Silvana de Paula Scalon et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.
- RAMOS, Kennya Mara Oliveira et al. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta botânica brasílica**, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.
- RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- RITCHIE, G.A.; Landis, T.D.; Dumroese, R.K.; Haase, D.L. Assessing plant quality, Chapter 2. In *The Container Tree Nursery Manual, Volume 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting*; Agriculture Handbook 674; Landis, T.D., Dumroese, R.K., Haase, D.L., Eds.; U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Washington, DC, USA, 2010; pp. 17–82.
- RUIZ-ROBLETO, J.; VILLAR, R. Relative growth rate and biomass allocation in ten woody species with different leaf longevity using phylogenetic independent contrasts (PICs). **Plant Biology**, v. 7, n. 05, p. 484-494, 2005.
- SAGE, Rowan F.; WAY, Danielle A.; KUBIEN, David S. Rubisco, Rubisco activase, and global climate change. **Journal of experimental botany**, v. 59, n. 7, p. 1581-1595, 2008.
- SAMPSON, Jane F., and MARGARET Byrne. "Outcrossing between an agroforestry plantation and remnant native populations of *Eucalyptus loxophleba*." **Molecular Ecology** 17, no. 11 (2008): 2769-2781.
- SANDEL, B. et al. The influence of Late Quaternary climate-change velocity on species endemism. **Science**, v. 334, n. 6056, p. 660-664, 2011.
- SARAIVA, G. F. R.; SOUZA, G. M.; RODRIGUES, J. D. Aclimação e fisiologia de mudas de guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. *Colloquium Agrariae, Presidente Prudente*, v. 10, n. 2, p. 1-10, jul./dez. 2014.
- SHIPLEY, B. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. **Functional ecology**, v. 16, n. 5, p. 682-689, 2002

SIEFERT, Andrew; LESSER, Mark R.; FRIDLEY, Jason D. How do climate and dispersal traits limit ranges of tree species along latitudinal and elevational gradients?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 5, p. 581-593, 2015.

SILVEIRA, S. B., Neves, E. J. M., Carpanezzi, A. A., & Brites, R. M. (2013). Avaliação silvicultural de *Rapanea ferruginea* e *Citharexylum myrianthum* plantadas em pastagens abandonadas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(73), 99-102.

SOARES, Manuela Gonoring. PLASTICIDADE DE PLANTAS JOVENS *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex. DC.) Mattos (bignoniaceae) EM RESPOSTAS A RADIAÇÃO SOLAR. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

SOUZA, G.M.; BALMANT, B.D.; VÍTOLO, H.F.; GOMES, K.B.P.; FLORENTINO, T.M.; TIAGO ARANDA CATUCHI, T.A.; VIEIRA, W.L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de 67 67 plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta bot. bras.** 23(2): 474-485. 2009.

SOUZA, GM., RIBEIRO, RV. SATO, AM., OLIVEIRA, MS. Diurnal and seasonal carbon balance of four tropical tree species differing in successional status. **Brazilian Journal Biology**, 68, 781-793, 2008.

SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F. M. Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 26, n. 1, p. 35-47, 2003.

TABARELLI, Marcelo et al. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 695-700, 2005.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAY, A. C. et al. Midday depression of photosynthesis in *Enkleia malaccensis*, a woody climber in a tropical rainforest. **Photosynthetica**, v. 45, n. 2, p. 189-193, 2007.

TOUMEY, J.W. Seeding and Planting, a Manual for the Guidance of Forestry Students, Foresters, Nurserymen, Forest Owners, and Farmers, 1st ed.; John Wiley & Sons, Inc.: New York, NY, USA, 1916.

VALENTE, C. S. Efeito do dimorfismo sexual e da fenologia no desempenho ecofisiológico de uma espécie dioica (*Myrsine coriacea*) na Floresta Atlântica. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

VIEIRA, T.O., LAGE-PINTO, F., RIBEIRO, D.R., ALENCAR, T.S., VITÓRIA, A.P. Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (*Cariniana 69 69 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.

VILLAR-SALVADOR, P.; Puértolas, J.; Penuelas, J.L. Assessing morphological and physiological plant quality for Mediterranean woodland restoration projects. In *Land Restoration to Combat Desertification: Innovative Approaches, Quality Control and Project Evaluation*; Bautista, S., Aronson, J., Ramón Vallejo, V.J., Eds.; Fundación

Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo—CEAM: Paterna, Valencia, Spain, 2010; pp. 103–120.

VILLAR-SALVADOR, P.; USCOLA, M.; JACOBS, D.F. The role of stored carbohydrates and nitrogen in the growth and stress tolerance of planted forest trees. *New For.* 2015, 46, 813–839.

VIOLLE, Cyrille et al. Let the concept of trait be functional!. *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

VITASSE, Yann et al. Genetic vs. non-genetic responses of leaf morphology and growth to elevation in temperate tree species. *Functional ecology*, v. 28, n. 1, p. 243-252, 2014.

WAKELEY, P.C. *Planting the Southern Pines*; Agriculture Monograph No. 18; U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Washington, DC, USA, 1954

WANGINIAK, Thayana Cristina Rebello. Desenvolvimento inicial de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess., Clusiaceae) em sistema sob cobertura e a pleno sol. 2016.

WESTOBY, Mark, and Ian J. WRIGHT. "Land-plant ecology on the basis of functional traits." *Trends in ecology & evolution* 21, no. 5 (2006): 261-268.

WISE, R.R.; OLSON, A.J.; SCHRADER, S.M.; SHARKEY, T.D. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown Pima cotton plants at high temperature. *Plant, Cell and Environment*, v.27, p.717-724, 2004

WRIGHT, Ian J., Peter B. Reich, Mark Westoby, David D. Ackerly, Zdravko Baruch, Frans Bongers, Jeannine Cavender-Bares et al. "The worldwide leaf economics spectrum." *Nature* 428, no. 6985 (2004): 821.

ZWIENER V. P., Cardoso F. C. G., Padial A. A., Marques M. C. M. (2014) Disentangling the effects of facilitation on restoration of the Atlantic forest. *Basic Appl Ecol* 15:34–41