

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

André Antonio Ballestreri

**SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS
EM PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
SOMBREAMENTO**

Santa Maria, RS
2020

André Antonio Ballestreri

**SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM
PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS
2020

Ballestreri, André Antonio
SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM
PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO /
André Antonio Ballestreri.- 2020.
96 p.; 30 cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo
Coorientadora: Luciane Almeri Tabaldi
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2020

1. Bioma Mata Atlântica 2. Produção de Mudas 3.
Plantio 4. Sombreamento 5. Luminosidade I. Araujo,
Maristela Machado II. Tabaldi, Luciane Almeri III.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

©2020

Todos os direitos autorais reservados a André Antonio Ballestreri. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

e-mail: ballestreri@hotmail.com

André Antonio Ballestreri

**SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM
PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 28 de Fevereiro de 2020.

Maristela Machado Araujo, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Mônica Brucker Kelling, Dra. (UFSM)

Rejane Flores, Dra. (IFFarroupilha)

Santa Maria, RS
2020

Dedico este trabalho aos meus queridos pais Valdir Angelo Ballestreri e Vera Lúcia Ballestreri, meus irmãos Bruno, Bernardo e Bruna e meus sobrinhos João Victor, Arthur Angelo, Lucas Gabriel e Bruno Júnior, meus melhores e maiores presentes...

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado o dom da vida, saúde e força para superar as dificuldades.

À minha família por sua capacidade de acreditar e investir em mim, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À minha orientadora professora Dra. Maristela Machado Araujo, pela amizade, ensinamentos e incentivos.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), em especial aos professores pelos ensinamentos e formação pessoal e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro essencial para a realização dessa pesquisa.

À professora Dra Luciane Almeri Tabaldi pela coorientação, ensinamentos, apoio e incentivo.

Ao professor Dr. Ezequiel Gasparin pela colaboração.

Aos membros da banca de defesa professoras Mônica Brucker Kelling e Rejane Flores, que aceitaram avaliar este trabalho contribuindo para a melhoria do mesmo.

À Caroline Mallmann da Secretaria de Meio Ambiente (Sema-RS), pela concessão das áreas para este estudo.

Aos amigos Fábio Batista, Luciana Francez e Janderson de Oliveira Silva, pelo acolhimento e suporte. E aos que se achegaram, em especial, Roberta Fantinel, Ana Cristina Ziegler, Juliane Andrade, Nayara Nascimento, Christiano Carvalho, Francieli de Vargas, Thaís Góis e Fran Missio.

À amiga Suelen Carpenedo Aimi, pela amizade conquistada, pelas correções desta dissertação, ajuda em todos os momentos.

À minha prima Eliane Balestreri, pelo apoio e ajuda, e principalmente pela amizade. A minha eterna equipe “larva” (Deygi, Beth, Ju e Paulo Henrique) pelas conversas em meio à distância, troca de experiência e conhecimento compartilhado.

À direção, professores e alunos da FACESP, em especial professora Rosilene Alves, Soraya Soares e acadêmica Danyelle Lobato, pela amizade e apoio para a realização deste mestrado.

Às professoras Izabelle Andrade, Alessandra Epifânio e Vanessa Pamplona pela troca de conhecimento.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal: Adriana Griebeler, Álvaro Berghetti, Bruno Lopes, Claudia Costella, Felipe Manzoni, Gabriel Mozzaquatro, Guilherme Oliveira, Isadora Cocco, Júlia Stahl, Leonardo Foletto, Luciana Nhamtumbo, Luis de Paula, Luiza Somavilla, Marina Scheuer, Marillos Lima, Vanessa Oliveira, Vinicius Alves e Ulysses Corrêa. Aos demais amigos e colegas que passaram por lá, obrigado pela parceria e auxílio prestado.

Ao técnico Gervásio Mário pelo apoio logístico nos experimentos. Aos prestadores de serviços, Sr. João, Michelli, Simone e Waldoir.

A todos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“A única maneira de fazer um grande trabalho
é amar o que você faz”.
Steve Jobs

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não têm alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.
Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e
corra riscos para executar seus sonhos.
Melhor é errar por tentar do que errar por omitir”.
Augusto Cury

“Jamais considere seus estudos uma obrigação, mas uma oportunidade invejável...
para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito,
para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade a qual seu futuro
trabalho pertencer”.
Albert Einstein

RESUMO

SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

AUTOR: André Antonio Ballestreri

ORIENTADORA: Maristela Machado Araujo

A luminosidade é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento das plantas, entretanto, as informações existentes são baseadas em observações da ocorrência natural das espécies, pois raramente são estudadas quanto a sua performance no pós-plantio. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar: a) o desempenho de espécies florestais nativas após cinco anos de plantio (*Inga vera*, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Parapiptadenia rigida* e *Casearia sylvestris*), as quais proporcionaram diferentes níveis de sombreamento no sub-bosque; b) a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de *Allophylus edulis*, *Cordia americana*, *Eugenia involucrata* e *Psidium cattleianum* plantadas nos sub-bosques. Os tratamentos foram S1-80%, S2-76%, S3-36% e S4-11% de sombreamento. Além da sobrevivência, o crescimento das espécies do plantio já existente foi avaliado por meio dos atributos de altura (H) e diâmetro do coleto (DC). Constatou-se que *I. vera* e *S. terebinthifolius* apresentam potencial para rápida colonização em pleno sol, seguidas por *H. heptaphyllus* e *P. rigida*, porém *C. sylvestris*, não é adequada nessa condição. A sobrevivência das mudas plantadas no sub-bosque foi avaliada um ano após o plantio, utilizando os atributos morfofisiológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC), densidade média de estômatos, fluorescência da clorofila *a* e teor de clorofila *a* e *b*. De modo geral as espécies plantadas no sub-bosque apresentaram melhores respostas nos ambientes com maior sombreamento (76 a 80%). Variáveis ambientais, como radiação fotossinteticamente ativa, influenciaram na temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do solo e, conseqüentemente, nas espécies plantadas no sub-bosque, *P. cattleianum* apresenta ampla tolerância às variáveis ambientais associadas aos diferentes níveis de irradiância solar, enquanto as demais espécies apresentaram comportamento variável. *A. edulis* e *C. americana* apresentaram maior sobrevivência em ambiente com 36% de sombreamento, enquanto *E. involucrata* com 80%, porém, de modo geral, *A. edulis*, *C. americana* e *E. involucrata* demonstraram que a performance morfológica e fisiológica foi favorecida sob sombreamento de 76 e 80%. *A. edulis* e *P. cattleianum* foram as espécies com máxima assimilação de carbono, na faixa de radiação fotossinteticamente ativa de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. *I. vera*, *S. terebinthifolius*, *A. edulis*, *P. cattleianum* podem compor conjuntamente o grupo das espécies de *framework species* ou de preenchimento, em menor densidade *P. rigida* e *H. heptaphyllus*, o que reduzirá a ação de filtros ecológicos, como temperatura do solo e do ar, favorecendo o estabelecimento de outras espécies menos tolerantes. *C. sylvestris*, *C. americana* e *E. involucrata* são espécies típicas para compor o grupo de diversidade em projetos de restauração, não apresentando adequado desempenho a pleno sol.

Palavras-chave: Bioma Mata Atlântica. Enriquecimento florestal. Luminosidade. Plantio a campo.

ABSTRACT

FOREST SPECIES FOREST NATIVE TREES IN PURE PLANTING AND UNDER DIFFERENT LEVELS OF SHADOWING

AUTHOR: André Antonio Ballestreri

ADVISOR: Maristela Machado Araujo

The luminosity is one of the limiting factors for the development of the plants, however, the existing information is based on observations of the natural occurrence of the species, as they are rarely studied regarding their post-planting performance. Thus, the present study aimed to evaluate: a) the performance of native forest species after five years of planting (*Inga vera*, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Parapiptadenia rigida* and *Casearia sylvestris*), which provided different levels of shading in the sub-grove; b) survival and initial growth of *Allophylus edulis*, *Cordia americana*, *Eugenia involucrata* and *Psidium cattleianum* seedlings planted in the understory. The treatments were S1-80%, S2-76%, S3-36% and S4-11% shading. In addition to survival, the growth of existing planting species was assessed using the height (H) and stem diameter (DC) attributes. It was found that *I. vera* and *S. terebinthifolius* have the potential for rapid colonization in full sun, followed by *H. heptaphyllus* and *P. rigida*, but *C. sylvestris* is not suitable in this condition. The survival of seedlings planted in the understory was evaluated one year after planting, using the morphophysiological attributes height (H), stem diameter (DC), average stoma density, chlorophyll fluorescence *a* and chlorophyll content *a* and *b*. In general, the species planted in the understory showed better responses in environments with greater shading (76 to 80%). Environmental variables, such as photosynthetically active radiation, influenced air temperature, relative humidity and soil temperature and, consequently, in the species planted in the understory, *P. cattleianum* has a wide tolerance to environmental variables associated with different levels of solar irradiance, while the other species showed variable behavior. *A. edulis* and *C. americana* showed greater survival in an environment with 36% shading, while *E. involucrata* with 80%, however, in general, *A. edulis*, *C. americana* and *E. involucrata* demonstrated that the morphological and physiological performance was favored under shading of 76 and 80%. *A. edulis* and *P. cattleianum* were the species with maximum carbon assimilation, in the range of $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ photosynthetically active radiation. *I. vera*, *S. terebinthifolius*, *A. edulis*, *P. cattleianum* can make up the group of *framework species* or filler species together, in a lower density, *P. rigida* and *H. heptaphyllus*, which will reduce the action of ecological filters, such as temperature soil and air, favoring the establishment of other less tolerant species. *C. sylvestris*, *C. americana* and *E. involucrata* are typical species to compose the diversity group in restoration projects, not showing adequate performance in full sun.

Keywords: Atlantic Forest Biome. Forest enrichment. Brightness. Field planting.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização da área de estudo, Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS, Brasil37
- Figura 2 - Dados meteorológicos (precipitação total, temperatura máxima média e temperatura mínima média) registrados durante a condução do experimento.....38
- Figura 3 - Médias de altura (A) e diâmetro do coleto (B) das mudas utilizadas no plantio a campo, no sub-bosque dos plantios puros, sob diferentes níveis de sombreamento, Parque Estadual da Quarta Colônia, RS41
- Figura 4 – Layout das parcelas, com a localização das mudas, em plantio a campo, no sub-bosque dos plantios puros, sob diferentes níveis de sombreamento, Parque Estadual da Quarta Colônia, RS43
- Figura 5 – Crescimento em altura (A) e diâmetro do coleto (B) aos 2 e 5 anos para as cinco espécies do plantio inicial, Agudo, RS48
- Figura 6 - Porcentagem de sobrevivência das espécies utilizadas no sub-bosque de plantio puro, em diferentes níveis de sombreamento, aos 12 meses após o plantio, Agudo, RS49
- Figura 7 - Taxa de assimilação de CO₂ (A) de acordo com a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, no viveiro.56
- Figura 8 - Taxa fotossintética (A) de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, realizada no campo sob os níveis de sombreamento S1-80%, S2-76%, S3-36% e S4-11%, e no viveiro a 50% de sombreamento, final do experimento (primavera/2019)57

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Altura média (H), diâmetro do coleto médio (DC), incremento médio em altura (Inch), incremento médio em diâmetro do coleto (IncDC), 2 anos após o plantio39
- Tabela 2 – Níveis médios de sombreamento no sub-bosque de plantios puros, ao longo das quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera/2019), 5 anos após o plantio40
- Tabela 3 - Atributos químicos do solo (camadas 0-20 cm e 20-40 cm) e esterco bovino e suíno, experimento (plantio puro), no PEQC, município de Agudo, RS42
- Tabela 4 – Atributos morfológicos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC) de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, nas estações verão, outono, inverno e primavera/2019, em plantio puro51
- Tabela 5 - Incremento em altura (Inch) e diâmetro do coleto (IncDC) de mudas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* aos 12 meses após o plantio a campo, sob diferentes tratamentos.....52
- Tabela 6 – Densidade média de estômatos (n°/mm^2) na epiderme abaxial de quatro espécies florestais (*A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*).....53
- Tabela 7 – Índices médios de clorofila *a* e *b* (ICF), em plantas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* em diferentes intensidades de sombreamento nas estações verão/2019 (V), outono/2019 (O), inverno/2019 (I) e primavera/2019 (P).....54
- Tabela 8 – Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de mudas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, nas estações verão/2019 (V), outono/2019 (O), inverno/2019 (I) e primavera/2019 (P), em plantio puro, sul do Bioma Mata Atlântica.....55

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Allophylus edulis*, após um ano do plantio.....86
- Apêndice B - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Cordia americana*, após um ano do plantio.....87
- Apêndice C - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano do plantio.....88
- Apêndice D - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano do plantio.....89
- Apêndice E - Índices médios de clorofila *a*, *b* (ICF), clorofila total (*a + b*) e relação clorofila *a/b*, em plantas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* em diferentes níveis de sombreamento90
- Apêndice F - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a* (Chl*a*), teor de clorofila *b* (Chl*b*), clorofila total, relação clorofila Chl*a*/Chl*b* e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Allophylus edulis*, após um ano do plantio.....91
- Apêndice G - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a* (Chl*a*), teor de clorofila *b* (Chl*b*), clorofila total, relação clorofila Chl*a*/Chl*b*, e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Cordia americana*, após um ano do plantio92
- Apêndice H - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a*, teor de clorofila *b*, clorofila total, relação clorofila *a/b* e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano do plantio.....93
- Apêndice I - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a*, teor de clorofila *b*, clorofila total, relação clorofila *a/b* e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano do plantio.....94
- Apêndice J - Matriz de correlação de Pearson (*r*) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Allophylus edulis*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS.....95

- Apêndice K - Matriz de correlação de Pearson (r) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Cordia americana*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS.....95
- Apêndice L - Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS.....96
- Apêndice M - Matriz de correlação de Pearson (r) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS.....96

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA	21
3.2 ENRIQUECIMENTO FLORESTAL	22
3.2.1 Principais conceitos	22
3.3 SUCESSÃO ECOLÓGICA (GRUPO ECOLÓGICO)	24
3.4 SELEÇÃO DE ESPÉCIES.....	25
3.5 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES	26
3.5.1 <i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Niederl	26
3.5.2 <i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling. & J. S. Mill.	27
3.5.3 <i>Eugenia involucrata</i> DC.	28
3.5.4 <i>Psidium cattleianum</i> Sabine	29
3.6 PLANTIO DE MUDAS NO CAMPO	29
3.7 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DA QUALIDADE DAS PLANTAS	31
SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO	34
4 INTRODUÇÃO	34
5 MATERIAL E MÉTODOS	37
5.1 ÁREA DE ESTUDO	37
5.2 AVALIAÇÕES DE PERFORMANCE E DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS	43
5.2.1 Sobrevivência e crescimento	43
5.2.2 Densidade média de estômatos	44
5.3 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS	44
5.4 CURVAS DE SATURAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE EM RESPOSTA À RADIAÇÃO LUMINOSA (CURVA DE LUZ).....	44
5.5 AVALIAÇÕES AMBIENTAIS	45
5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	46
6 RESULTADOS	48
6.1 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO APÓS CINCO ANOS DO PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PLANTADAS A PLENO SOL	48
6.2 SOBREVIVÊNCIA NO PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO	48
6.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS.....	49

6.3.1 Altura (H) e diâmetro do coleto (DC)	49
6.3.2 Densidade média de estômatos	52
6.4 ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS	53
6.4.1 Índice de Clorofila Falker (ICF)	53
6.4.2 Fluorescência da clorofila a (Rendimento quântico)	55
6.5 CURVA DE LUZ	55
6.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	57
7 DISCUSSÃO	59
8 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICES	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica é um bioma com elevada importância por apresentar alta biodiversidade de espécies (OLIVEIRA-GOMES et al., 2018; RIBEIRO et al., 2009), bem como serviços ambientais à população (PIRES; ZENI; GAULKE, 2012). Contudo, esse bioma sofreu elevada redução em sua área original, pelo acelerado ritmo de devastação ambiental (LAURANCE et al., 2006), consequência da supressão das florestas pela ocupação territorial (BOGAERT et al., 2011), por expansão agropecuária e utilização de espécies arbóreas com potencial madeireiro (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011), resultando em mudanças na estrutura e composição florística (HIGUCHI et al., 2012).

Conforme Martins et al. (2012a) uma área passa a ser considerada degradada quando perde a sua resiliência após sofrer danos e não conseguir retornar à suas condições naturais. Esse é o caso do Bioma Mata Atlântica que encontra-se com áreas reduzidas e fragmentadas (RIBEIRO et al., 2009; SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017), o que evidencia a necessidade de ações de conservação, preservação e restauração dessas áreas (LIMA; ZAKIA, 2006; VARJABEDIAN, 2010). Para reverter as mudanças antrópicas ocorridas, diferentes metodologias de restauração florestal têm sido estudadas em áreas alteradas (CAMPOE et al., 2014). Nesse sentido, entender o funcionamento das técnicas de reflorestamento e da restauração florestal tornou-se imprescindível para embasar a recomposição de ecossistemas degradados (TRENTIN et al., 2018).

Diferentes modelos e iniciativas foram desenvolvidos com o objetivo de garantir a restauração, o enriquecimento e a recuperação de áreas alteradas, bem como, resgatar a biodiversidade dos ecossistemas florestais (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Entre as iniciativas, a recuperação florestal é considerada um importante instrumento para restauração de áreas alteradas, resgatando em parte a forma e função inerentes a essas paisagens naturais (HOBBS; HARRIS, 2001; ENGEL; PARROTA, 2008; LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005). Além disso, o plantio de enriquecimento é uma importante forma de aumentar o valor de formações florestais e, conseqüentemente, a diversidade biológica (ATONDO-BUENO; BONILLA-MOHENO; LOPEZ-BARRERA, 2018; SCHWARTZ et al., 2017).

No Brasil as atividades de recuperação, enriquecimento e restauração geralmente são desenvolvidas com base em projetos e planos regulamentados pela legislação florestal, visando devolver a perpetuidade dos processos ecológicos à área em questão (BAHIA, 2017). Nesse sentido, citam-se o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA). O objetivo destas ações é realizar a regularização ambiental por meio de recuperação, recomposição, regeneração ou compensação, com vistas ao cumprimento do Capítulo XIII da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Em projetos de restauração florestal, um importante fator que deve ser considerado é a luminosidade (SILVA et al., 2009). Nesse sentido, estudos sobre o crescimento com espécies nativas têm sido realizados no campo, para o conhecimento das suas respostas a diferentes condições de luminosidade, uma vez que cada grupo ecológico possui diferentes exigências (SABBI et al., 2010). A princípio a base inicial que se toma para decidir pelo uso de determinada espécie é o grupo ecológico (sucessional) ao qual a espécie pertence (ANDRADE et al., 2018; REIS et al., 2019; RUSCHEL et al., 2009), entretanto, muitas espécies com ampla distribuição não apresentam igual comportamento quando plantadas em diferentes regiões. Como resultado, tem sido relatado que a eficiência no crescimento das espécies pode estar relacionada à habilidade de adaptação às condições luminosas do ambiente (SILVA et al., 2007).

A luz é uma fonte essencial de energia para o crescimento e desenvolvimento das plantas (VALLADARES; NIINEMETS, 2008), destacando-se como primordial para o fluxo de energia nos sistemas biológicos e determinante para os processos fisiológicos (SCHMITZ et al., 2014). A fotossíntese é o processo chave nas plantas e pode ser afetada por muitos fatores ambientais, tais como luz e temperatura (ROJAS et al., 2018) e, conseqüentemente, umidade do solo.

Na natureza as plantas desenvolvem vários mecanismos para otimizar a luminosidade (VALLADARES et al., 2012), favorecendo o seu estabelecimento e crescimento (SOUZA et al., 2009). Além disso, a luminosidade tem importância na alocação de biomassa seca na raiz, caule e folhas (MIRALLES; MARTÍNEZ-SANCHEZ; FRANCO, 2011), influenciando na mortalidade e distribuição das espécies nos ambientes de sub-bosque florestal (KEELING; PHILLIPS, 2007; KELLY et al., 2009; KENZO et al., 2011; MERCÊS et al., 2013). Entretanto, o excesso de luz pode prejudicar e danificar o aparelho fotossintético, e com isto, causar fotoinibição

durante a fotossíntese (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; KRAUSE et al., 2012), reduzindo a produtividade (KLUGE; TEZOTTO-ULIANA; DA SILVA, 2015).

O conhecimento do comportamento silvicultural de espécies arbóreas nativas em determinada região é fundamental para a escolha daquelas potenciais e mais adequadas à utilização em plantios (NERI et al., 2011; RORATO et al., 2018; STOLARSKI et al., 2018). Assim, a tentativa de reprodução das estruturas das comunidades vegetais parece ser o melhor caminho, sendo largamente empregada com bons resultados (BOGARIM, 2014; ZOHURIAAN-MEHR; KABIRI, 2008).

O desempenho inicial de espécies florestais nativas em campo, por meio da combinação de diferentes grupos ecológicos e as relações interespecíficas existentes, constitui um desafio em programas de reflorestamento (NOGUEIRA et al., 2015; RODRIGUES et al., 2010). Além disso, é uma estratégia fundamental na recomposição vegetal de áreas alteradas (SALOMÃO; BRIENZA JUNIOR; ROSA, 2014). Por outro lado, a classificação da espécie somente pelo seu grupo sucessional deve ser complementada pela análise de outras características ecológicas, fisiológicas e anatômicas (GOGOSZ; BOEGER, 2019).

Assim, conhecer as características de sobrevivência e de crescimento inicial das espécies e a necessidade de monitoramento, durante os primeiros anos, é essencial na definição de estratégias silviculturais adequadas à condução das mudas no campo (CAMPOE et al., 2014; RORATO et al., 2018; TURCHETTO, 2018; ZAVISTANOVICZ, 2017). Nesse sentido, Campoe et al. (2014) destacam que os estudos das características ecofisiológicas são capazes de descrever as respostas que as espécies nativas têm, a diferentes práticas silviculturais e condições ambientais, favorecendo o entendimento dos processos que influenciam no estabelecimento e crescimento florestal.

Com isto, no atual contexto do aumento das atividades de restauração florestal no Brasil e no Rio Grande do Sul, tornam-se necessárias pesquisas que avaliem alternativas de baixo custo e com eficiência para restauração de áreas da Mata Atlântica. Assim, o objetivo geral desse estudo foi avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas sob o dossel de plantio puro, com diferentes níveis de sombreamento, em área alterada do bioma Mata Atlântica, na região central do Rio Grande do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho de espécies nativas em plantio puro e sob diferentes níveis de sombreamento, em área alterada, no sul do Bioma Mata Atlântica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o desempenho e estrutura formada pelas espécies *Casearia sylvestris* Sw., *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos, *Inga vera* Willd., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Schinus terebinthifolius* Raddi, após cinco anos de plantio.
- Caracterizar o desempenho inicial de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Niederl., *Cordia americana* (L.) Gottschling. & J. S. Mill., *Eugenia involucrata* DC. e *Psidium cattleianum* Sabine, plantadas nos respectivos sub-bosques de plantios puros configurando diferentes níveis de sombreamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica é a segunda maior Floresta Pluvial Tropical do continente americano (MARTINS et al., 2012a; MYERS et al., 2000; TABARELLI et al., 2005). É um dos biomas que se destaca por suas riquezas de espécies da fauna e flora e por apresentar alta biodiversidade (LINO; SIMÕES, 2004). Como consequência desta longa história de degradação, as áreas são altamente fragmentadas e apresentam grande número de espécies endêmicas, muitas vezes, consideradas ameaçadas de extinção (RIBEIRO et al., 2009). Paradoxalmente, destaca-se também devido ao ritmo acelerado de devastação ambiental (RIBEIRO et al., 2009) e pela ameaça que vem sofrendo constantemente (ALMEIDA, 2016; BARBOSA et al., 2017; GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005; MARCONATO, 2010).

O Bioma Mata Atlântica é reconhecido internacionalmente por seu grande número de espécies (1 a 8% do total de espécies do mundo) e pelo alto número de espécies endêmicas (MYERS et al., 2000). Estima-se que restam apenas 11% da floresta original (RIBEIRO et al., 2009), perfazendo o território nacional, estendendo-se desde o Ceará até o Rio Grande do Sul (PINTO et al., 2012; SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2002). Além disso, é responsável por 80% do Produto Interno Bruto nacional, sendo que mais de 70% da população brasileira se encontra na sua extensão, além de apresentar as maiores áreas de solos férteis do país (MMA, 2013; SCARANO; CEOTTO, 2015).

No Brasil, ainda são degradados anualmente aproximadamente 6% da sua cobertura vegetal, sendo que o estado do Rio Grande do Sul ocupa o 8º lugar no ranking de desmatamento (SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2017). A Mata Atlântica é composta por uma série de tipologias, proporcionando elevada biodiversidade ao Bioma (RODRIGUES et al., 2010). No Rio Grande do Sul, basicamente na sua porção centro norte, foram distinguidas como florestas as seguintes tipologias de vegetação natural: Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2018). Apesar de fragmentada, a Floresta Estacional Decidual é a tipologia de maior extensão em

nosso estado (CALLEGARO; ARAUJO; LONGHI, 2014; CORDEIRO; HASENACK, 2009).

A conservação, a proteção, a regeneração e a utilização da Mata Atlântica são previstas pela Lei nº 11.428 (BRASIL, 2006), que contempla diferentes formações florestais e ecossistemas associados. Além disso, foram estabelecidas especificações para o pequeno produtor e para a população tradicional em áreas de proteção, além dos limites para exploração sustentável.

A legislação também define a obrigatoriedade de enriquecimento ecológico, atividade fundamentada na recuperação da diversidade biológica em áreas de vegetação nativa, por meio da reintrodução de espécies nativas (BRASIL, 2006; MMA, 2009). Nesse sentido, a conservação e a recuperação da Mata Atlântica constitui-se um grande desafio, visto que ações, estratégias e intervenções necessárias esbarram-se em muitas dificuldades, num ambiente sob forte pressão antrópica, marcado pela complexidade nas relações sociais e econômicas (PINTO et al., 2009).

3.2 ENRIQUECIMENTO FLORESTAL

3.2.1 Principais conceitos

As espécies escolhidas para compor um projeto de restauração florestal são classificadas em função dos grupos ecológicos a que pertencem. Entretanto, os modelos de implantação foram modificados, visando facilitar a distribuição organizada das mudas no campo, a partir dos grupos ecológicos (KAGEYAMA; GANDARA, 2004). Surgiram diferentes modelos que combinavam esses grupos ecológicos, com a introdução de espécies pioneiras no primeiro momento, após isto, a entrada de espécies secundárias (RODRIGUES et al., 2009). Contudo, esta técnica apresentou-se ineficiente, já que muitas vezes não retornavam para introduzir as espécies secundárias. O mais frequente passou a ser o plantio das mudas com alternância de linhas de plantio de espécies pioneiras e linhas de plantio de espécies não pioneiras ou com mistura desses grupos ecológicos na mesma linha (KAGEYAMA; GANDARA, 2004).

A classificação em grupos ecológicos pode também ser considerada uma tentativa de ordenar a alta diversidade de espécies das florestas tropicais, sendo

considerado um grande salto de desenvolvimento de tecnologia de plantio de nativas (KAGEYAMA et al., 2003; KAGEYAMA; GANDARA, 2004).

A seleção *framework species* envolve testar espécies de árvores do ecossistema florestal-alvo por sua capacidade de sobreviver e crescer bem em locais desmatados; sombrear as ervas daninhas e produzir recursos, como frutas carnudas ou flores ricas em néctar, para atrair animais dispersantes de sementes e, conseqüentemente, promover a recuperação da biodiversidade. Isso envolveu o estabelecimento de uma cronosequência de parcelas de restauração (ELLIOTT et al., 2019).

Com isto, o plantio de mudas de espécies nativas para o enriquecimento de florestas em processo de restauração têm sido mais eficiente (ARAUJO et al., 2013; SABOGAL et al., 2006). O enriquecimento florestal consiste na introdução de espécies em áreas com estágio intermediário de perturbação ou finais da sucessão ecológica (ANDRADE NETTO et al., 2015). Essas áreas ainda mantêm algumas das características originais, com presença de vegetação nativa, porém com baixa diversidade de espécies (RODRIGUES et al., 2009). Por outro lado, esse conceito também pode ser definido como a técnica utilizada para preencher espaços com falhas da regeneração natural, visando à entrada de novas espécies da flora e fauna (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013).

O enriquecimento sob a perspectiva da conservação baseia-se na reintrodução de espécies vegetais nativas regionais (KUPTZ; GRAMS; GÜNTER, 2010) que não estão presentes, devido à forte degradação (REIS et al., 2014). A finalidade é manter o ecossistema florestal e, conseqüentemente, a conservação da biodiversidade (HOLL; AIDE, 2011).

A escolha do método de enriquecimento depende da finalidade e dos objetivos pretendidos com essa intervenção (MANGUEIRA, 2017; NAVE et al., 2016), e ainda da rapidez desejada para que os resultados do estabelecimento inicial possam ser verificados. O sucesso do enriquecimento vai depender também da espécie e dos conhecimentos sobre sua autoecologia e silvicultura (GOMES et al., 2019).

O plantio de enriquecimento aumenta a cobertura florestal e a transferência de nutrientes de camadas mais baixas para camadas superficiais do solo (DENICH et al., 2005; RIBEIRO et al., 2011). Além disso, plantios de enriquecimento também podem aumentar os retornos econômicos das florestas secundárias, quando

espécies madeireiras de valor comercial são conduzidas (SCHWARTZ; LOPES, 2015). Essa atividade tem maior probabilidade de sucesso quando implantada durante os estágios iniciais da restauração florestal, ou quando há maior abertura do dossel e, conseqüentemente, o estabelecimento é favorecido com o crescimento das mudas, e redução na mortalidade das plantas (BERTACCHI et al., 2016).

3.3 SUCESSÃO ECOLÓGICA (GRUPO ECOLÓGICO)

A classificação das espécies em grupos ecológicos é uma ferramenta essencial para a compreensão da sucessão ecológica (DE PAULA et al., 2004). A sucessão ecológica pode ser descrita como um fenômeno no qual uma dada comunidade vegetal é progressivamente substituída por outra ao longo do tempo e em um mesmo local (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007).

As espécies arbustivo-arbóreas podem ser classificadas em pioneiras, espécies adaptadas a muita luz; em seguida as secundárias iniciais, ocorrem em condições de sombreamento médio; posteriormente, as secundárias tardias, que necessitam de pouca luminosidade, e fechando o estágio final, as clímax, tolerantes à sombra (ALMEIDA, 2000). Esta classificação de espécies foi sugerida por Budwoski (1965) e se dá por:

- a) Espécies Pioneiras: se desenvolvem em lugares abertos, na qual há incidência de muita luminosidade, sendo chamadas de plantas heliófitas, as quais têm crescimento muito rápido (ALMEIDA, 2000; QUADROS, 2009).
- b) Espécies Secundárias Iniciais: árvores de crescimento rápido; se desenvolvem em locais semi-abertos, sendo chamadas de lucíferas (aceitam sombreamento parcial) (ALMEIDA, 2000).
- c) Espécies Secundárias Tardias: crescimento lento; desenvolvimento inicial com pouca luz (QUADROS, 2009).
- d) Espécies Clímax: crescimento bastante lento (QUADROS, 2009); se desenvolvem no sub-bosque em condições de sombra leve ou densa (CARVALHO, 2000; FERRETTI et al., 1995; GANDOLFI; LEITÃO FILHO; BEZERRA, 1995).

As espécies necessitam de um nível de sombreamento específico para se desenvolverem em seu máximo potencial, desse modo aquelas semelhantes são descritas em um mesmo grupo ecológico. Essa informação é importante para

seleção de espécies em plantios de enriquecimento, considerando que a disponibilidade de luz é um fator ecológico que influencia a sobrevivência e o crescimento das plantas (GUENNI; SAITER; FIGUEROA, 2008) e as plantas demandam diferentes níveis de luminosidade (ENGEL; POGGIANI, 1991).

Modificações nos níveis de luminosidade as quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características anatômicas, bioquímicas e de crescimento (ATROCH et al., 2001). Desse modo, a morfologia e o desempenho das espécies arbóreas tropicais durante a fase inicial do desenvolvimento é alterada em função do ambiente de luz predominante (POORTER, 2001).

A quantidade excessiva de radiação pode ser um fator estressante para algumas plantas, sendo capaz de danificar os pigmentos fotossintéticos (LARCHER, 2006). Ambientes com maior incidência luminosa geralmente apresentam temperaturas mais elevadas e, portanto, maiores índices de déficit de pressão de vapor (LARCHER, 2000). Nestas condições, os estômatos se fecham para diminuir perda de água para o ambiente, ocasionando menor captação de CO₂ e conseqüentemente, menor taxa fotossintética (FAVARETTO et al., 2011).

O metabolismo antioxidante desempenha um papel importante na proteção contra os danos causados pela alta radiação, alto/baixo nível de luz, seca, temperaturas extremas, poluentes, e este aprimoramento de defesa antioxidante nas plantas pode aumentar a tolerância a esses fatores estressantes (ZHU et al., 2017). A variação de qualquer fator ambiental, a partir da condição ideal, não provoca necessariamente estresse em plantas, devido à capacidade de aclimação dos vegetais e plasticidade fenotípica (LARCHER, 2006).

A adaptação das espécies em ambientes de maior sombreamento depende da capacidade de ajustes morfológicos e fisiológicos para aproveitar os baixos níveis de irradiação disponível (DUTRA; MASSAS; SANTANA, 2012; KELLING, 2015; PIMENTEL et al., 2016).

3.4 SELEÇÃO DE ESPÉCIES

Normalmente, algumas informações sobre a ecologia das espécies nativas do sul do Bioma Mata Atlântica estão disponíveis (BACKES; IRGANG, 2004; LORENZI,

2008), entretanto, as informações silviculturais no pós-plantio são escassas, apesar de compiladas em algumas literaturas (CARVALHO, 2000; CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2004; CARVALHO, 2008) e mais detalhadas porém específicas a algumas espécies como *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (AIMI et al., 2016; ZIMMERMANN et al., 2019), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (BERGHETTI et al., 2019; KELLING et al., 2017), *Myrocarpus frondosus* Allemão (AIMI, 2018), *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (AIMI et al., 2017) e *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan (GASPARIN et al., 2017). Diante da riqueza de espécies, muitas lacunas de informações ainda existem para indicações mais assertivas em projetos de recuperação e restauração.

A seleção de uma espécie para determinado uso depende do seu conhecimento autoecológico e silvicultural (AIMI et al., 2016), capacidade de estabelecimento em condições limitantes, atração da fauna e crescimento rápido (MARCUIZZO; ARAUJO; GASPARIN, 2015). Além disso, depende da sobrevivência no campo, recomposição da cobertura florestal, recuperação de ecossistemas degradados, uso medicinal, sombreamento inicial em plantios mistos e sombreamento de espécies esciófilas (COSTA; NETTO, 2016). Conforme Martins (2001b) recomenda-se a combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos, com a utilização inicial de espécies pioneiras adaptadas as condições de maior luminosidade e, posteriormente, o plantio de espécies secundárias.

3.5 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

3.5.1 *Allophylus edulis* (A. St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Niederl

A. edulis pertence à família Sapindaceae, popularmente conhecida como chal-chal, vacuum, vacunzeiro, chala-chala, baga-de-morcego, fruta-de-pombo, murta-branca, fruta-de-pavó, fruta-de-paraó e murta-vermelha (BACKES; IRGANG, 2004; LORENZI, 2008). Ocorre na flora nativa uruguaia e brasileira, assim como na Bolívia, Argentina e Guianas (BACKES; IRGANG, 2004; PIAGGIO; DELFINO, 2009).

No Brasil ocorre na Região Amazônica, Ceará, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul (BACKES; IRGANG, 2004; LORENZI, 2008). É uma espécie nativa típica da Floresta Ombrófila Mista (Aluvial), da Floresta Estacional Decidual e da Floresta Estacional Semidecidual (LONGHI,

1995). No Rio Grande do Sul ocorre em todas as formações florestais (SOBRAL et al., 2006).

A espécie possui classificação sucessional pioneira (GANDOLFI; LEITÃO FILHO; BEZERRA, 1995) a secundária inicial (MARANGON et al., 2007; VACCARO, 1997), que também demonstra plasticidade, sendo descrita como uma planta esciófita, além de semidecídua, e seletiva higrófita, comum no interior de matas primárias situadas em solos úmidos (CARVALHO, 2008). Ocorre também em capoeiras, capoeirões e matas mais abertas com solos rochosos. A altura pode atingir de 6 a 20 m, com tronco pouco fenestrado e 15 a 30 cm de diâmetro, revestido por casca com ritidoma escamoso (BACKES; IRGANG, 2004; LORENZI, 2008).

A importância econômica está na madeira de boa qualidade, leve, macia, pouco elástica, bastante resistente, compacta e de baixa durabilidade quando em ambientes externos (LORENZI, 1992). A madeira é utilizada na marcenaria, em cabo de ferramentas, esteios, moirões, lenha e carvão. A árvore é bastante ornamental, podendo ser empregada na arborização de ruas e praças (LORENZI, 2008). As folhas possuem indicação terapêutica, por serem medicinais, sendo utilizada para controle da diabetes e como adstringente (TOMAZI et al., 2014). Além disso, apresenta importância ecológica, tem boa capacidade de regeneração natural e crescimento rápido (LONGHI, 1995; LORENZI, 1992). O chal-chal pode ser utilizado em reflorestamentos de áreas degradadas destinadas a preservação permanente (ABREU et al., 2005; BACKES; IRGANG, 2004; LONGHI, 1995; LORENZI, 2008).

3.5.2 *Cordia americana* (L.) Gottschling. & J. S. Mill.

A *C. americana* é conhecida popularmente como guaiuvira, guajuvira, guajuvira-branca, entre outros e pertence à família Boraginaceae (LORENZI, 2008). A espécie ocorre do Rio Grande do Sul até São Paulo, na Floresta Latifoliada Semidecídua da bacia do Paraná. Além disso, é frequente em áreas abandonadas no oeste Catarinense (BACKES; IRGANG, 2002).

A guajuvira é uma planta decídua, heliófita, classificada no grupo ecológico como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) e secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990). Seu porte pode atingir de 10 a 25 m, com diâmetro

de 70 a 80 cm (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). A madeira é moderadamente pesada (densidade $0,78\text{g/cm}^3$), dura, resistente, fácil de trabalhar (CARVALHO, 2004), sendo largamente empregada em construções, obras expostas, como vigas de pontes e mourões, cabos de ferramentas, remos, selas, tacos de bilhar e golfe. Além disso, é utilizada na arborização, parques e passeios (BACKES; IRGANG, 2002) e reflorestamentos (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2004; LORENZI, 2008).

A floração ocorre de setembro a novembro e a frutificação de novembro a dezembro, na região Sul do Brasil (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

3.5.3 *Eugenia involucrata* DC.

A *E. involucrata* é conhecida popularmente como cereja-do-rio-grande, cereja, cerejeira, cerejeira-da-terra, cerejeira-do-mato, pertence à família Myrtaceae (BACKES; IRGANG, 2009; LORENZI, 2008). A espécie arbórea é nativa do Sul e Sudeste do Brasil, estando geograficamente distribuída desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, com frequência no sub-bosque das Florestas Semidecíduas de altitude e com Araucária (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2002; REGO; LAVORANTI; ASSUMPÇÃO, 2006b). A espécie é decídua, heliófita, seletiva higrófila (CARVALHO, 2008), classificada como secundária tardia (GRINGS; BRACK, 2009). A altura pode atingir de 5 a 8 m, com copa arredondada, tronco ereto e mais ou menos cilíndrico de 30 a 40 cm de diâmetro, revestido por casca parda, lisa e descamante (LORENZI, 2008).

A madeira é moderadamente pesada, compacta, elástica, resistente, de boa durabilidade natural. É empregada para confecção de cabos de machado e outras ferramentas e, para lenha e carvão (LORENZI, 2002). A árvore é ornamental, utilizada no paisagismo (BARBEDO et al., 2005; FRANZON; RASEIRA, 2006; LORENZI, 2008). Além disso, é indicada para recuperação de áreas alteradas e/ou degradadas. Essa espécie apresenta potencial econômico devido às qualidades organolépticas (DEGENHARDT; FRANZON; COSTA, 2007), seus frutos atraem a fauna (LORENZI, 2008) e podem ser consumidos *in natura*, ou processados para produção de doces, geleias e sucos (FRANZON; RASEIRA, 2006).

Na região Sul do Brasil, a floração ocorre durante os meses de setembro a novembro e a frutificação de outubro a dezembro (FRANZON; RASEIRA, 2004; LORENZI, 2008; REGO; LAVORANTI; ASSUMPÇÃO, 2006a).

3.5.4 *Psidium cattleianum* Sabine

P. cattleianum é conhecida popularmente como araçá, araçazeiro, araçá-amarelo, araçá-vermelho e pertence à família Myrtaceae (BACKES; IRGANG, 2004). A espécie é classificada no grupo ecológico como secundária inicial (GANDOLFI; LEITÃO FILHO; BEZERRA, 1995), apresentando ocorrência na Costa Atlântica Brasileira, desde a Bahia até o nordeste do Uruguai (MARCHIORI; SOBRAL, 1997).

A espécie ocorre em vegetação secundária, sendo indicada na arborização e paisagismo, para plantios em reflorestamentos heterogêneos, destinados à recuperação de áreas degradadas úmidas e em formações ciliares, com finalidade de preservação permanente (BACKES; IRGANG, 2004). Os frutos são apreciados pela avifauna e pelo homem (FRANZON et al., 2009).

3.6 PLANTIO DE MUDAS NO CAMPO

Um bom projeto de restauração florestal deve ser eficaz e atingir os objetivos com custos otimizados e menor espaço de tempo. Dentro de um modelo ideal de desenvolvimento, a produção de mudas deve fundamentar-se no projeto técnico para atender o objetivo (MARTINS et al., 2012b). Vários fatores exercem influência no desenvolvimento das plantas durante a fase de viveiro (VALLONE et al., 2010). Entre esses fatores destacam-se o tamanho do recipiente e a composição do substrato utilizado (OLIVEIRA-JÚNIOR; MARMONTEL; MELO, 2012), época do plantio, adubação de base e cobertura, tempo de produção, desde o semeio ou repicagem até expedição (FERMINO; MIETH, 2018).

Os recipientes utilizados na produção de mudas têm como principal função proteger o sistema radicular (GOMES; PAIVA, 2011). Os tubetes têm sido muito usados para produção de mudas florestais (WENDLING et al., 2010), adquirindo grande importância na melhoria da qualidade em razão do melhor controle nutricional, proteção das raízes contra choques mecânicos e desidratação, assim

como facilidade do manuseio no viveiro, transporte, distribuição das mudas e plantio (GOMES; PAIVA, 2004). Pode-se citar outras vantagens tais como a maior quantidade de mudas por área, automatização do sistema de produção e reutilização por um tempo maior que cinco anos (DAVIDE; FARIA, 2008). O volume do recipiente deve permitir o desenvolvimento do sistema radicular sem restrições, durante a permanência no viveiro (SARZI et al., 2010). O substrato utilizado em viveiro deve apresentar homogeneidade, capacidade de absorção de água e nutrientes, facilidade de manuseio e ter um nível médio de fertilidade (SCREMIN-DIAS et al., 2006).

Vários parâmetros são avaliados para determinar a qualidade das mudas de espécies florestais, dentre esses: altura da parte aérea; diâmetro do coleto; sistema radicular; proporção entre as partes aérea e radicular; proporção entre diâmetro do coleto e altura da parte aérea, pesos de matéria seca e verde das partes aérea e radicular; rigidez da parte aérea; aspectos nutricionais; entre outros (GOMES; PAIVA, 2011).

A partir da obtenção de mudas de qualidade, o plantio de espécies arbóreas nativas é uma etapa relevante rumo à recuperação das áreas degradadas (SABBI et al., 2010), necessitando uma série de cuidados que dependem das exigências ecológicas e características fisiológicas da planta, antes e durante o cultivo no campo (ALMEIDA et al., 2004). Para isso, deve-se considerar as características do sítio, clima local, escolha das espécies e a qualidade das mudas (FERRAZ; ENGEL, 2011). Algumas espécies vegetais possuem capacidade de se desenvolver em diferentes condições de ambiente contrastante de radiação luminosa, por possuírem mecanismos fotossintéticos melhor adaptados (FANTI; PEREZ, 2003).

Com isto, o conhecimento prévio em relação às espécies adaptadas às condições locais pode aumentar a sobrevivência no campo (ABREU et al., 2015). No entanto, é necessário o controle das variáveis ambientais, como a temperatura e umidade, de modo a favorecer o crescimento das plantas (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009), tendo em vista que fatores ambientais em determinados níveis tornam-se filtros ecológicos, como ataque de pragas e doenças, seca, frio e competição com plantas daninhas.

Os plantios devem ser monitorados constantemente, durante os primeiros meses, com o objetivo de garantir a sobrevivência e crescimento das plantas, além

disso deve ser realizado o controle de formigas, a adubação e o controle da matocompetição (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010; NAVE et al., 2009).

3.7 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DA QUALIDADE DAS PLANTAS

As variáveis morfológicas, baseadas nos aspectos fenotípicos, ainda são as mais usadas na análise de crescimento das plantas submetidas a diferentes níveis de luminosidade. Essas variáveis são a altura (H), o diâmetro do coleto (DC), o número de folhas (NF), o comprimento radicular (CR), a matéria seca da parte aérea (MSPA), a matéria seca radicular (MSR) e a matéria seca total (MST), podendo ainda destacar as razões H/DC e MSPA/MSR (ARAUJO et al., 2018; AZEVEDO, 2003; CARNEIRO, 1995; ELOY et al., 2013; GOMES; PAIVA, 2008; LOPES et al., 2011; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2012).

Com relação aos aspectos morfológicos para seleção da muda, além da espécie, geralmente os projetos de restauração florestal definem somente o porte da muda (altura da parte aérea) como critério de qualidade (MARTINS et al., 2012b). No entanto, a relação H/DC pode ser um dos atributos usados na avaliação da qualidade de mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo (STURION et al., 2000). Na literatura, observa-se que os atributos morfológicos são mais utilizados do que os fisiológicos na avaliação de mudas (HAASE, 2008). Por outro lado, os aspectos fisiológicos permitem analisar a condição da planta em determinado momento (ARAUJO et al., 2018)

As avaliações da altura da parte aérea e do diâmetro do coleto utilizam métodos não destrutivos. A altura é um dos atributos mais utilizados na caracterização das mudas, servindo para estimar o crescimento inicial no campo. O diâmetro do coleto é capaz de quantificar as mudas aptas ao plantio, e está relacionado com a sobrevivência e crescimento no campo (GOMES; PAIVA, 2011).

A densidade média de estômatos é um atributo importante para o balanço hídrico e fixação do carbono nas plantas, sendo obtido por unidade de área de face foliar. Os estômatos podem ocorrer em ambas as faces nas folhas, e normalmente é contado na face abaxial, onde geralmente tem maior número, mas pode ser feito na

adaxial também (CHARTZOULAKIS et al., 2002). Com a abertura estomática o vapor d'água é perdido e o CO₂ assimilado, controlando a temperatura interna da planta e a captação de CO₂ (ARAUJO et al., 2018).

As análises de “performance” estão relacionadas ao metabolismo da planta (MEXAL; LANDIS, 1990), como a taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar (SEARLE et al., 2011) e atributos fisiológicos: teores de clorofila *a* e *b* (AFONSO et al., 2012). Essas avaliações podem ser realizadas por equipamentos especiais ou análises em laboratório e mudam frequentemente (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010). No entanto, estas análises são de fundamental importância para entender o crescimento e o desenvolvimento das plantas, pois esses sofrem profundas mudanças ao longo do tempo, principalmente com as alterações ambientais (SEARLE et al., 2011).

O índice de clorofilas é obtido por equipamentos que medem a quantidade de radiação transmitida nas folhas em diferentes comprimentos de onda, o que permite a estimativa para clorofilas *a* e *b*. Com base no índice de clorofilas é possível quantificar o total desses pigmentos, em resposta às diferentes condições de sombreamento (ARAUJO et al., 2018).

A fluorescência da clorofila *a* é outro atributo fisiológico que tornou-se referência por ser um método que, além de não ser destrutivo, permite analisar qualitativa e quantitativamente a absorção e o aproveitamento da energia luminosa por meio do PSII (MOUGET; TREMBLIN, 2002; TORRES NETTO et al., 2005). Além disso, essas avaliações são importantes na detecção das respostas das plantas a estresses ambientais, que permite diagnosticar a integridade do aparato fotossintético frente às adversidades (TORRES NETTO et al., 2005). A avaliação de fluorescência da clorofila *a* mais utilizada para medir a fotoinibição é a razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima, que reflete a eficiência quântica máxima do PSII, sendo empregada como um indicador sensível da performance fotossintética da planta (JOHNSON et al., 1993).

O processo fotossintético das folhas aumenta até atingir um ponto de saturação, com o aumento da densidade do fluxo luminoso (LOPES; LIMA, 2015). Neste processo, os vegetais utilizam a faixa da radiação visível (400 a 700 nm) chamada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A energia da radiação solar absorvida pelas plantas é fator determinante da taxa fotossintética e pode limitar a produção, o acúmulo de biomassa e o

desenvolvimento das plantas (CARON et al., 2012). Numa mesma espécie, plantas de sombra e plantas de sol apresentam taxas fotossintéticas diferentes em função da sua adaptação às condições locais (LARCHER, 2000).

Pode-se elevar a taxa fotossintética com o aumento de CO₂ no ar. Sob condições naturais, durante os meses mais quentes, em regiões temperadas, a concentração de CO₂ pode ser um fator limitante da fotossíntese. Desse modo, quando se tem uma planta em condições adequadas de crescimento é possível aplicar diferentes níveis de intensidade luminosa, geralmente PAR em torno de 2000, 1500, 1000, 500, 250, 120, 60, 15, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em função de sua taxa de assimilação ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Considerando que a planta está fisiologicamente sadia, a maior taxa ocorrerá na intensidade de luz mais adequada ao crescimento da planta. Após o plantio, essa análise pode ser repetida visando caracterizar a taxa de assimilação da planta e, assim, sua condição fisiológica quanto ao processo fisiológico. Filtros ecológicos, além da luz também podem ser fatores estressantes que limitam a taxa de assimilação, principalmente em áreas degradadas ou, simplesmente alteradas.

SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS ARBÓREAS NATIVAS EM PLANTIO PURO E SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

4 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica apresenta perda florestal expressiva (SILVA-JÚNIOR et al., 2018), como resultado das atividades antrópicas, que levaram a alterações no seu ambiente original, causado pela exploração madeireira e conversão de remanescentes florestais em pastagens e áreas agrícolas (BOGAERT et al., 2011; GIAM, 2017) e urbanas. Estima-se que existam 40 milhões de hectares de pastagens degradadas em todo o país, em que expressiva proporção apresenta pouca aptidão agrícola ou pecuária, podendo servir melhor à sociedade brasileira com vegetação nativa (PADOVEZI et al., 2018).

Diante disso, modelos de restauração são implementados, visando facilitar a restauração, por meio de plantio de mudas, a partir da utilização do conceito de grupos ecológicos (KAGEYAMA; GANDARA, 2004; KLIPPEL et al., 2015; MARCUZZO et al., 2014; RORATO et al., 2017). Os diferentes modelos combinam os grupos ecológicos, com a introdução de espécies pioneiras no primeiro momento, após isto, são introduzidas espécies secundárias e climáticas (BRANCALION et al., 2009; ISERNHAGEN, 2010). Com o decorrer do tempo, estes modelos foram modificados e passou a ser realizado o plantio das mudas, considerando as espécies pioneiras em linhas alternadas, enquanto as espécies não pioneiras eram misturadas em linhas paralelas (CAMPOE; STAPE; MENDES, 2010; MARCUZZO et al., 2014; PADOVAN; PEREIRA; FERNANDES, 2018). Assim, esse modelo sugere a introdução de espécies de diferentes grupos ecológicos em uma única ocasião.

Em contrapartida, o modelo das *framework species*, corresponde a utilização inicial de um pequeno grupo de espécies mais tolerantes a ambientes degradados, sendo plantadas inicialmente para modificar o ambiente e favorecendo a colonização de outras (ELLIOTT et al., 2019; ELLIOTT et al., 2003; ELLIOTT; KUARAKSA, 2008; WYDHAYAGARN; ELLIOTT; WANGPAKAPATTANAWONG, 2009). Tais espécies teriam a funcionalidade de sombrear, reduzir a temperatura do solo, estabilizar a temperatura do ar em estações extremas, de modo que indivíduos oriundos de

plantios de enriquecimento, bem como da sucessão natural, teriam mais chances de se estabelecer.

A partir da vegetação existente, a restauração pode ser continuada por meio do enriquecimento florestal, aumentando a diversidade biológica (ATONDO-BUENO; BONILLA-MOHENO; LOPEZ-BARRERA, 2018; SCHWARTZ et al., 2017) e contribuindo na conservação da biodiversidade local (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014). Entretanto, o sucesso dos plantios de enriquecimento demanda conhecimento das características silviculturais das espécies arbóreas, bem como do nível de degradação ambiental (ALMEIDA, 2016; MADHU et al., 2017). Para isso, estudos sobre a adaptação de árvores nativas permite obter respostas das espécies submetidas à diferente disponibilidade de luz, consequentemente subsidiando informações de ecofisiologia (AGUILERA; FERREIRA; CECON, 2004; COSTA et al., 2019; SANCHES et al., 2017).

Constata-se que, as espécies nativas apresentam respostas diferentes no desenvolvimento, de acordo com o nível de luminosidade, definindo sua plasticidade a esse fator. Costa et al. (2011), Dantas et al. (2009) e Oliveira e Perez (2012) verificaram que o crescimento de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá), *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) e *Tabebuia aurea* (Manso) Beth. & Hook. (craibeira) não foi influenciado pela luminosidade. Aimi (2014), Almeida et al. (2005) e Tonetto (2014) verificaram maior crescimento em menores níveis de sombreamento e pleno sol para as espécies *Cabraela canjerana* Vell. Mart. (canjerana), *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud. (moreira) e *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos (ipê-roxo), respectivamente. Aguiar et al. (2011) e Poletto et al. (2010) para *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil) e *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (erva-mate), respectivamente obtiveram melhor crescimento e desenvolvimento nos maiores níveis de sombreamento.

Entretanto, a eficiência de crescimento não se restringe somente a luminosidade, mas também, à adaptação às condições do ambiente, considerando sua influência nos atributos fisiológicos, morfológicos e anatômicos (ALBUQUERQUE; EVANGELISTA; ALBUQUERQUE NETO, 2015; SILVA et al., 2007). Tal fato ocorre porque a intensidade de irradiação solar influencia outras variáveis ambientais, como a temperatura e umidade do ar.

Espécies como *Inga vera*, *Schinus terebinthifolius*, *Parapiptadenia rigida*, *Handroanthus heptaphyllus* e *Casearia sylvestris*, são descritas por seu

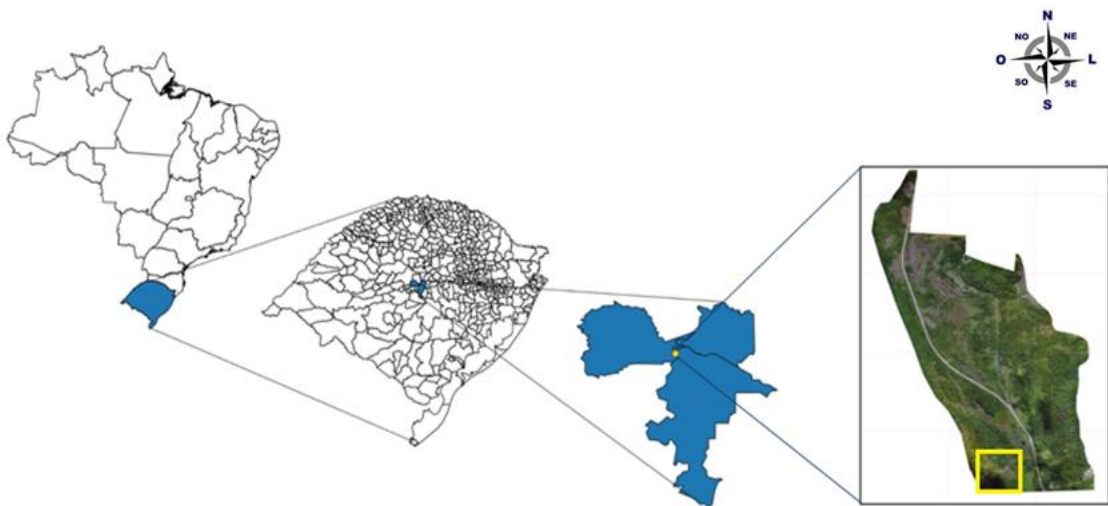
comportamento heliófilo, típico de espécies pioneiras, porém também citadas em outros grupos. Outras como *Allophylus edulis*, *Cordia americana*, *Eugenia involucrata* e *Psidium cattleianum*, também com ampla abrangência na região Sul do Brasil (SOBRAL et al., 2006), são descritas como pertencendo ao grupo ecológico das espécies secundárias iniciais (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003; DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; GRINGS; BRACK, 2009; VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999), porém, tem-se reduzida experiência científica sobre seu crescimento e desenvolvimento no campo. Isso é uma circunstância comum, principalmente tratando-se de espécies nativas, das quais pouco se conhece sobre suas respostas a diferentes condições ambientais que influenciam no seu desenvolvimento após o plantio (ALMEIDA et al., 2015). Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o desempenho e estrutura formada por *I. vera*, *S. terebinthifolius*, *H. heptaphyllus*, *P. rigida* e *C. sylvestris*, após cinco anos de plantio, bem como das espécies *Allophylus edulis*, *Cordia americana*, *Eugenia involucrata* e *Psidium cattleianum* plantadas nos respectivos sub-boques formados. Além disso, indicar a condição de plantio dessas espécies em áreas degradadas no sul do Bioma Mata Atlântica.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC), nas coordenadas 29°27'57,39"S e 53°16'51,30"O, no Bioma Mata Atlântica, no município de Agudo, Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1).

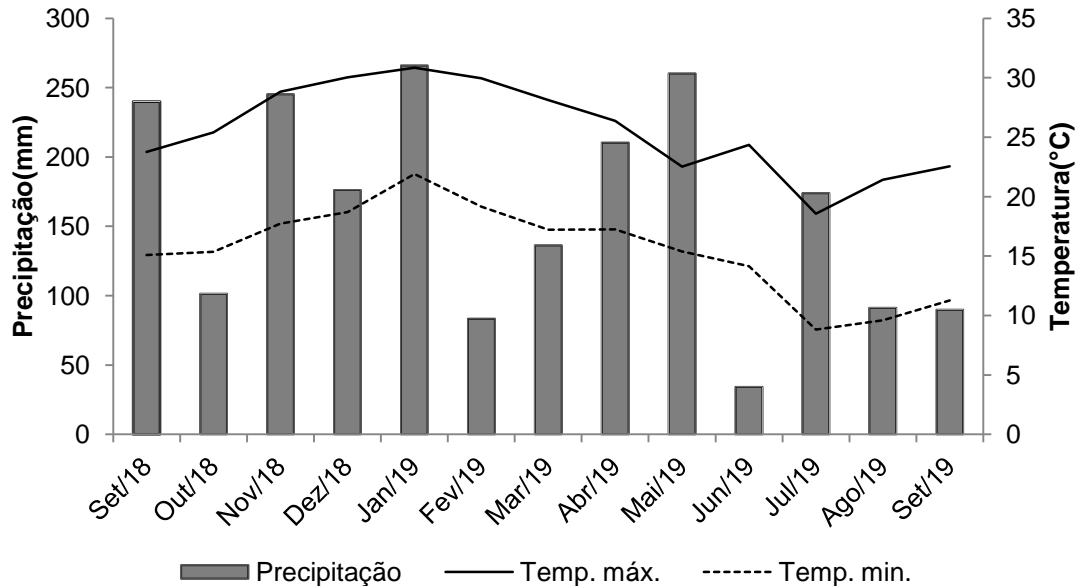
Figura 1 - Localização da área de estudo, Parque Estadual da Quarta Colônia, Agudo, RS, Brasil



Fonte: O autor (2020).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “Cfa” (subtropical com verões quentes), apresentando chuvas bem distribuídas ao longo dos meses (>40 mm por mês), com temperatura média entre 18 °C e 20 °C (ALVARES et al., 2013). Os dados meteorológicos de temperaturas diárias (máximas e mínimas) e precipitação, durante a condução do experimento foram obtidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), com base na estação meteorológica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para a região de Santa Maria, localizada a um raio de 52 km da área experimental (Figura 2).

Figura 2 - Dados meteorológicos (precipitação total, temperatura máxima média e temperatura mínima média) registrados durante a condução do experimento



Fonte: Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

A topografia da área varia de ondulada a montanhosa (PEDRON; DALMOLIN, 2011) e pertence à Região Geomorfológica do Planalto Meridional (ROBAINA et al., 2011). A vegetação faz parte da região fitogeográfica Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012), onde predominam solos do tipo Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico (PEDRON; DALMOLIN, 2011).

Originalmente a área era constituída por pequenas propriedades rurais, entretanto com a construção da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, houve desapropriação, e a área específica desse estudo serviu como depósito de materiais e pátio para máquinas. Para isso a vegetação foi retirada, a camada superficial do solo modificada tornando-se próxima a rocha matriz, compactada e, posteriormente, dominada por gramíneas invasoras, tolerantes a solos pobres, ácidos e modificados (MARCUIZZO et al., 2014; TURCHETTO, 2018; ZAVISTANOVICZ, 2017).

Em outubro de 2013 foi realizado o plantio puro de cinco espécies florestais nativas (*Casearia sylvestris* Sw., *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos, *Inga vera* Willd., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Schinus terebinthifolius* Raddi.). Cada parcela de 10,5 m x 10 m foi composta por uma única espécie com 35 indivíduos, de acordo com os tratamentos, sendo que o espaçamento entre mudas

foi de 1,5 m x 2 m. Conforme Zavistanovicz (2017), após dois anos do plantio, a diferença entre as estruturas formadas era evidente (Tabela 1).

Tabela 1 - Altura média (H), diâmetro do coleto médio (DC), incremento médio em altura (IncH), incremento médio em diâmetro do coleto (IncDC), 2 anos após o plantio

Espécie	H (m)	DC (mm)	IncH (m)	IncDC (mm)
<i>C. sylvestris</i>	0,65	15,4	0,42	10,99
<i>H. heptaphyllus</i>	1,42	26,2	1,2	19,58
<i>Inga vera</i>	2,52	50,41	1,62	41,16
<i>P. rigida</i>	1,74	21,92	1,24	16,47
<i>S. terebinthifolius</i>	2,67	46,6	1,84	37,86

Fonte: Zavistanovicz (2017).

Em setembro de 2018, paralelamente à determinação do sombreamento, foram realizadas avaliações da sobrevivência, altura e diâmetro do coleto dos povoamentos formados pelas diferentes espécies supracitadas. Isso serviria para a implantação da presente pesquisa, que buscou avaliar a resposta de quatro outras espécies sob diferentes níveis de sombreamento.

A intensidade de luz (IL) foi avaliada por meio de um par de sensor fotométrico (Luxímetro Minolta®), previamente aferido, sendo feitas leituras em lux. Os sensores locados a 1 m da superfície do solo, foram utilizados concomitantemente, nos sub-bosques (ILsb) e a pleno sol (ILps) entre 11 e 13 horas. O percentual de sombreamento (%S) proporcionado pelas espécies foi determinado pela expressão: $\%S = 100 - [(100 \times ILsb) / ILps]$. As espécies pela diferente arquitetura das copas e crescimento proporcionaram condição ambiental associada a determinado sombreamento (Tabela 2). O cálculo da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi realizado conforme Davies, Geneve e Wilson (2018). No decorrer do experimento, conforme as estações (verão, outono, inverno e primavera/2019) foram realizadas novas medições da intensidade luminosa, visando avaliar as variações nos níveis de sombreamento (Tabela 2).

A partir da pesquisa implantada, utilizou-se o mesmo delineamento, configurado em blocos ao acaso por Zavistanovicz (2017), porém, foram denominados como tratamentos, quatro níveis de sombreamentos. O sombreamento proporcionado por *H. heptaphyllus* foi excluído, por ser semelhante ao da *P. rigida*.

Por outro lado, apesar da similaridade do sub-bosque de *I. vera* e *S. terebinthifolius*, ambos foram considerados devido ao efeito alelopático, referenciado por Morgan e Overholt (2005) para a segunda espécie descrita. Apesar do alto potencial de cobertura de *S. terebinthifolius*, descrito na literatura (MARCUIZZO; ARAUJO; GASPARIN, 2015; RORATO et al., 2017), não se tem respostas a campo sobre a possível limitação (filtro ecológico) que essa espécie pode proporcionar aos regenerantes.

Tabela 2 – Níveis médios de sombreamento no sub-bosque de plantios puros, ao longo das quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera/2019), 5 anos após o plantio

Tratamento (%)	Sub-bosque	Sombreamento (%)	RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	RFA do pleno sol ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
S1-80	<i>Inga vera</i>	80 ± 11*	424 ± 174	1890 ± 154
S2-76	<i>Schinus terebinthifolius</i>	76 ± 7	461 ± 54	1900 ± 124
S3-36	<i>Parapiptadenia rigida</i>	36 ± 10	1200 ± 200	1911 ± 113
S4-11	<i>Casearia sylvestris</i>	11 ± 9	1773 ± 105	1921 ± 108

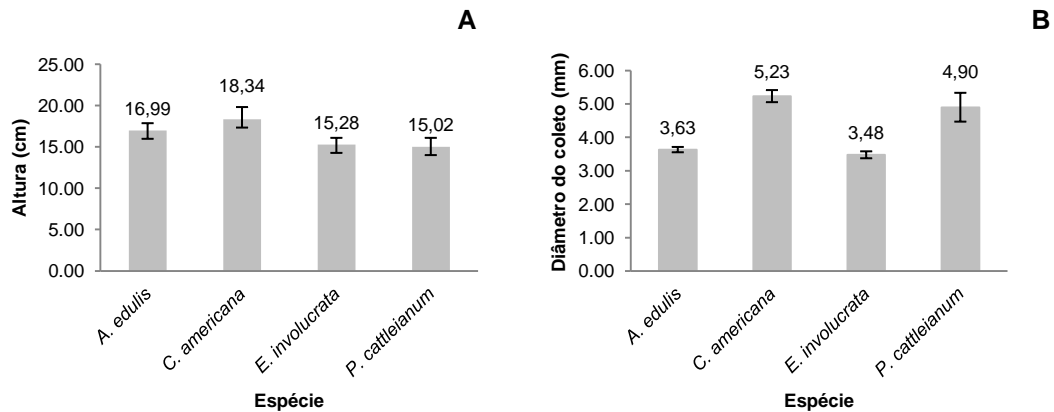
*Média ± desvio-padrão

Fonte: O autor (2020).

Desse modo, os quatro tratamentos foram distribuídos em cinco blocos, caracterizados pelo solo. Nos diferentes níveis de sombreamento foram plantadas mudas de quatro espécies nativas, *Allophylus edulis* (A. St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Nederl., *Cordia americana* (L.) Gottschling. & J. S. Mill., *Eugenia involucrata* DC. e *Psidium cattleianum* Sabine (Figura 3).

A escolha das espécies se baseou em estudos fitossociológicos da região (MARCUIZZO et al., 2013), considerando a importância da adaptação às condições ecológicas locais (MARTINS, 2001), bem como à disponibilidade e qualidade de mudas no viveiro. As mudas utilizadas foram produzidas em recipientes do tipo tubete cônico de polipropileno (180 cm³), preenchidos com substrato comercial Carolina Soil® à base de turfa de *Sphagnum* e casca de arroz carbonizada (CAC) na proporção 4:1 (v:v). A adubação de base utilizada consistiu em 6 g L⁻¹ do fertilizante de liberação controlada - FLC (Osmocote 18-05-09 miniprill®).

Figura 3 - Médias de altura (A) e diâmetro do coleto (B) das mudas utilizadas no plantio a campo, no sub-bosque dos plantios puros, sob diferentes níveis de sombreamento, Parque Estadual da Quarta Colônia, RS



Linhas verticais representam o desvio padrão

Fonte: O autor (2020).

Na área de plantio foi realizada análise do solo a partir de amostras retiradas com auxílio de um trado com profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm, sendo, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Entretanto, em algumas parcelas não foi possível à coleta da camada de 20 a 40 cm, devido o contato com a rocha matriz.

Na adubação de base foi utilizado esterco bovino misturado com esterco suíno adquirido na região. Uma amostra composta desse esterco foi enviada para análise química no Laboratório de Análise de Solos e Tecidos Vegetais, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) campus de Frederico Westphalen, RS.

A interpretação dos teores nutricionais de solo foi realizada de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e Fertilidade do Solo (SBCS/CQFS, 2016), constatando pH adequado, porém baixo teor de matéria orgânica e elevado teor de fósforo (Tabela 3). O pH do esterco também foi considerado adequado, com alto valor de matéria orgânica e fósforo (Tabela 3).

Tabela 3 - Atributos químicos do solo (camadas 0-20 cm e 20-40 cm) e esterco bovino e suíno, experimento (plantio puro), no PEQC, município de Agudo, RS

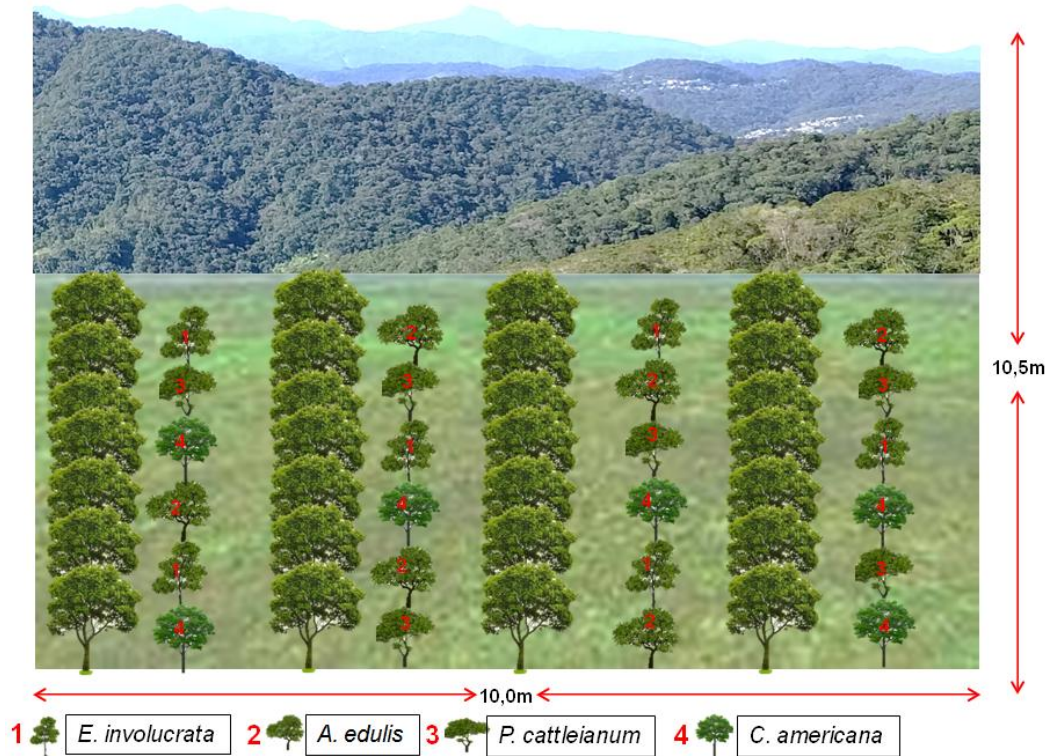
Atributo	Análise Química		Interpretação	Esterco	Interpretação
	Solo 0 - 20 cm	Solo 20 - 40 cm			
pH água	5,7	6,4	Médio/Alto	6,7	Alto
Ca (cmol _c .dm ³)	6,9	9,1	Alto/Alto	6,7	Alto
Mg (cmol _c .dm ³)	2,0	1,9	Alto/Alto	5,1	Alto
Al (cmol _c .dm ³)	-	-	-	-	-
m%	-	-	-	-	-
V%	70,4	83,9	Médio/Alto	89,1	Alto
MO %	1,4	0,7	Baixo	6,5	Alto
S (mg.dm ³)	2,2	3,9	Médio/Médio	38,2	Alto
P (mg.dm ³)	12,9	18,0	Alto/Alto	747,5	Muito Alto
CTC pH 7 (cmol _c .dm ³)	13,1	13,4	Muito Baixo	23,0	Muito Baixo
K (mg.dm ³)	112,0	92,0	Alto/Alto	3417,0	Muito Alto
Cu (mg.dm ³)	3,5	2,3	Alto/Alto	0,4	Médio
Zn (mg.dm ³)	12,1	6,3	Alto/Alto	24,0	Alto
B (mg.dm ³)	0,2	0,1	Médio/Médio	0,5	Alto

*Conforme SBCS/CQFS-RS/SC (2016). Onde: pH em água, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), capacidade efetiva de troca de cátions do solo (CTC efetiva), saturação por alumínio (m%), saturação por bases (V%), matéria orgânica (MO), enxofre (S), fósforo extraível pelo método Mehlich¹ (P-Mehlich), capacidade de troca de cátions potencial (CTC pH7), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn) e Boro (Boro).

Fonte: O autor (2020).

O plantio foi realizado em 6 de setembro de 2018, com espaçamento 1,5 m x 2,0 m, onde cada bloco foi composto por 96 mudas, ou seja, seis plantas por espécie por repetição. As covas foram abertas com auxílio de pá de corte nas dimensões de 20 cm x 20 cm x 20 cm, misturando-se adicionado 1 L de esterco misturado ao solo em cada cova. As mudas foram irrigadas abundantemente (\cong 1,5 L) após o plantio. Após seis meses do plantio foi realizada a adubação com 100 g de fertilizante mineral de pronta liberação (NPK 5-20-20). Foi realizado o controle de plantas invasoras por meio do coroamento em um raio de 30 cm, com o auxílio de enxada, sempre que observado a presença de matocompetição, simultaneamente foi realizado o controle de formigas cortadeiras, por meio de iscas granuladas a base de Sulfluramida, distribuídas de forma sistemática na área do experimento.

Figura 4 – Layout das parcelas, com a localização das mudas, em plantio a campo, no sub-bosque dos plantios puros, sob diferentes níveis de sombreamento, Parque Estadual da Quarta Colônia, RS



Fonte: O autor (2020).

5.2 AVALIAÇÕES DE PERFORMANCE E DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

5.2.1 Sobrevivência e crescimento

A sobrevivência (S%) foi determinada a partir da razão entre o total de mudas plantadas e o número de plantas vivas após um ano da instalação do experimento.

A altura (H) foi obtida com auxílio de uma régua milimetrada, tomando-se como base a superfície do solo e a gema apical da planta. O diâmetro do coleto (DC) foi medido 1 cm acima do solo com o auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). As variáveis H e DC foram medidas na metade de cada estação, obtendo-se a última avaliação no final do experimento (outubro/2019). Posteriormente, calculou-se o incremento em altura (Inch) e em diâmetro do coleto (InDC), por meio da diferença entre os valores iniciais e 12 meses após o plantio.

5.2.2 Densidade média de estômatos

Foram coletadas amostras de folhas jovens expandidas em uma planta de cada espécie por parcela para estimar a densidade média de estômatos na parte abaxial da folha (n°/mm^{-2}) no verão, outono, inverno e primavera/2019, de modo a avaliar a variação entre os sombreamentos. As amostras foram coletadas com aplicação de adesivo de cianocrilato (Super Bonder®) na parte abaxial da folha juntamente com a lâmina, obtendo-se um molde. Posteriormente as lâminas foram observadas em microscópio óptico (Bioval, modelo: L-2000A), obtendo-se as médias em função da área.

5.3 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS

O Índice de Clorofila Falker (ICF) (Chla) e (Chlb) das plantas foi avaliado em cada estação (verão, outono, inverno e primavera/2019). O equipamento utilizado foi o clorofilômetro óptico portátil ClorofiLOG (Falker®, modelo: CFL 3010) (FALKER, 2008), em ambos lados da nervura central, utilizando-se uma folha por planta. As leituras foram realizadas entre às 08:00 e 12:00 h, obtendo-se a média por planta.

Os atributos de fluorescência da clorofila *a* foram avaliados utilizando-se o fluorômetro portátil de luz modulada (Walz®, modelo: Junior-Pam Chlorophyll Fluorometer) no verão, outono, inverno e primavera/2019. As avaliações foram realizadas em quatro plantas de cada espécie por parcela em dias ensolarados, entre 08:00-12:00 horas. Folhas expandidas foram aclimatadas ao escuro durante 30 minutos para medição da fluorescência inicial (F_o) e, em seguida, foram submetidas a um pulso de luz saturante por 0,6 s, determinando-se a fluorescência máxima (F_m). A partir dessas variáveis obteve-se o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m).

5.4 CURVAS DE SATURAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE EM RESPOSTA À RADIAÇÃO LUMINOSA (CURVA DE LUZ)

As avaliações da taxa fotossintética (*A*) das espécies *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* foram realizadas no viveiro (50% de sombreamento), na primavera/2019 (final do experimento), em quatro mudas por espécie, que

encontravam-se com qualidade morfológica, aptas para expedição ao campo (altura igual ou maior a 20 cm e diâmetro do coleto igual ou maior de 3 mm). Entretanto, a análise da curva de assimilação de luz destas espécies foi realizada, no campo, em três plantas por espécie, por tratamento. Isso permitiu avaliar a capacidade fotossintética das plantas diante a exposição das folhas a diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), de 2000, 1500, 1000, 500, 250, 120, 60, 30, 15 e 0 em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

O potencial fotossintético das plantas foi avaliado pela manhã (8:00-11:00h), obtendo-se a taxa de assimilação líquida de trocas de CO_2 por unidade de área foliar ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) utilizando um Sistema de Fotossíntese Portátil - IRGA (Infra-Red Gas Analyser) modelo AGA300 (TARGAS-1, PP SYSTEMS, USA).

5.5 AVALIAÇÕES AMBIENTAIS

Para avaliar a temperatura e umidade relativa do ar nos diferentes níveis de sombreamento, foram utilizados dataloggers (Asko®, modelo AK174, Datalogger de Temperatura e Umidade à Prova D'Água), obtendo-se registros a cada 30 minutos, de forma automática (máximas e mínimas) ao longo de todo experimento. Posteriormente, calculou-se as médias mensais de temperatura máxima e temperatura mínima.

A umidade do solo foi avaliada sob a copa das plantas, com um medidor (Delta-T®, modelo: HH2). O sensor contém uma sonda de profundidade, com três pontas obtendo-se a medida volumétrica do conteúdo de umidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$). A temperatura do solo foi verificada por meio de um termômetro digital espeto prova d'água (Incoterm®, modelo: 6132). Ambas variáveis foram obtidas em três pontos dentro das parcelas.

Semelhante à análise inicial do sombreamento, a medida de luminosidade na faixa visível do espectro foi obtida utilizando-se um par de luxímetros digitais (Minipa®, modelo MLM-1011, Digital lux meter). Foram realizadas quatro leituras a 1 m da superfície do solo, simultaneamente dentro das parcelas e fora (pleno sol), nas linhas e entrelinhas. Desse modo, em cada observação foram obtidas quatro leituras por parcela. Essas medidas foram realizadas em todas as estações do ano. As médias aritméticas observadas nas parcelas serviram de base para avaliação do

percentual de sombreamento em relação ao pleno sol. Os valores encontrados em lux foram convertidos em radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), dividindo o valor obtido em lux pelo fator de conversão (54) (DAVIES; GENEVE; WILSON, 2018; THIMIJAN; HEINS, 1982).

5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Nos quatro tratamentos (S1-80%, S2-76%, S3-36% e S4-11%) e nas cinco repetições (blocos), foram analisadas as mudas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*. Para as análises de H, DC, IncH e IncDC foram utilizadas 320 plantas, sendo 16 plantas por tratamento (quatro plantas de quatro espécie) nos cinco blocos (repetições). Quanto à fluorescência de clorofila *a* e ICF foram utilizadas quatro plantas de cada espécie por tratamento avaliadas em três blocos, totalizando 48 plantas. Para avaliação da densidade média de estômatos por área (mm^{-2}) foi utilizada uma planta de cada espécie em quatro tratamentos dos cinco blocos, totalizando 80 lâminas.

Após a coleta dos dados, primeiramente, foi verificado se as variáveis observadas atenderam os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando alguma das pressuposições não foi atendida, os dados (H, DC, IncH, IncDC, densidade média de estômatos, Relação Chla/Chlb e Fv/Fm) foram transformados por meio de Box-Cox. Posteriormente, foi realizada análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) ao nível de 5% de probabilidade de erro. A análise dos dados foi realizada no programa estatístico R (R Core Team, 2019), pacote ExpDes.pt e fpp.

Além disso, foi verificada a análise de correlação de Person (r) ($p < 0,05$) entre as variáveis morfológicas, fisiológicas e ambientais na estação primavera/2019, com o software R (R Core Team, 2019), sendo representado por um valor entre -1 e 1 (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010). Quando os valores foram iguais a -1, a correlação linear foi considerada perfeita negativa, iguais a 1, positiva e quando foram iguais a 0, falta de relação. Pode-se assim, avaliar a intensidade do “ r ” (em módulo) como: $r = 1$ (correlação perfeita); $0,9 \leq r < 1$ (fortemente correlacionado); $0,6 \leq r < 0,9$ (correlação forte); $0,3 \leq r < 0,6$ (correlação regular); $0 < r < 0,3$ (correlação fraca) e $r = 0$ (ausência de correlação) (CALLEGARI-JACQUES, 2003). O sinal

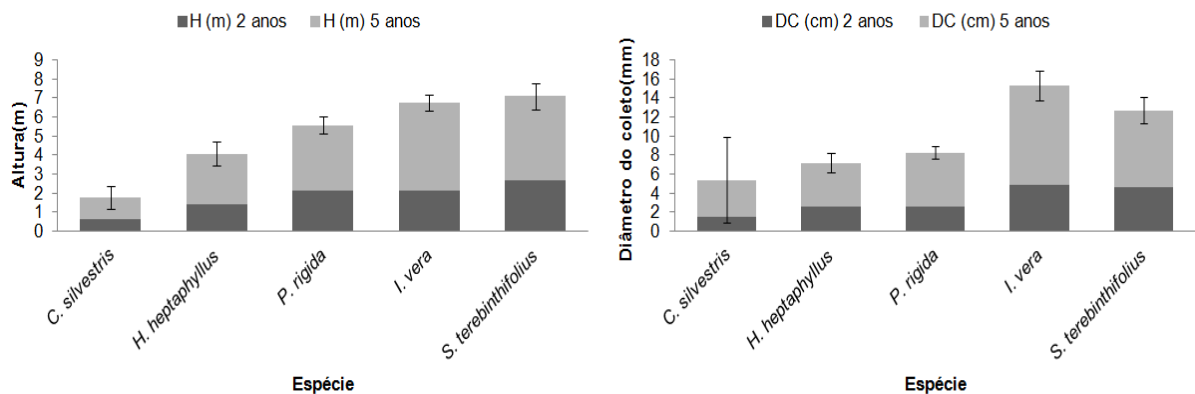
positivo e negativo atribuído para “ r ”, respectivamente, representa se a correlação é diretamente proporcional (ambas variáveis aumentam ou diminuem) ou inversamente proporcionais (quando o aumento de uma das variáveis resulta na redução da outra).

6 RESULTADOS

6.1 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO APÓS CINCO ANOS DO PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PLANTADAS A PLENO SOL

Cinco anos após o plantio, a taxa de sobrevivência de *H. heptaphyllus* e *P. rigida* pode ser considerada alta (>78%), em relação à *I. vera* e *S. terebinthifolius* (\cong 65%) e *C. sylvestris* (<62%). Entretanto, destaca-se o expressivo crescimento em altura e diâmetro do coleto de *I. vera* e *S. terebinthifolius* (Figura 5), conseqüentemente, promovendo os maiores níveis de sombreamento (Tabela 2).

Figura 5 – Crescimento em altura (A) e diâmetro do coleto (B) aos 2 e 5 anos para as cinco espécies do plantio inicial, Agudo, RS



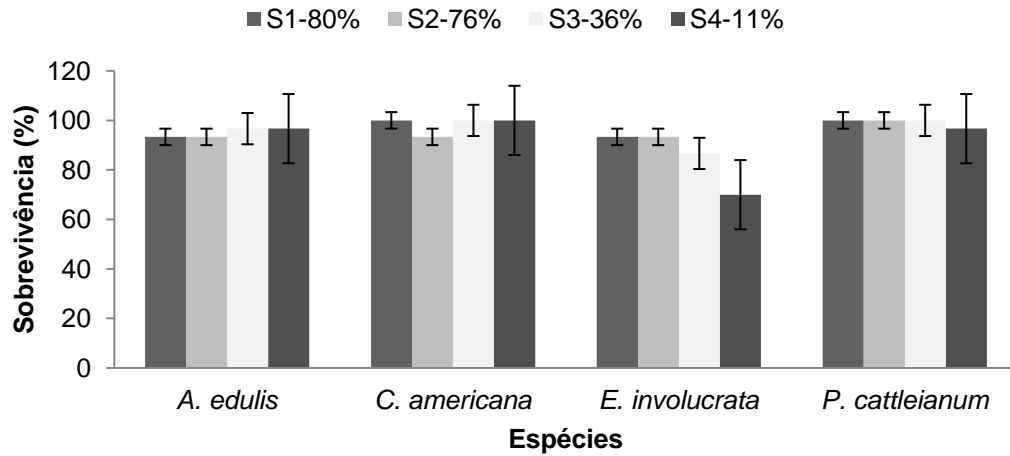
Barras representam as médias e as linhas verticais o desvio padrão.

Fonte: Zavistanovicz (2017); O autor (2020).

6.2 SOBREVIVÊNCIA NO PLANTIO DE ENRIQUECIMENTO

Após 12 meses, a sobrevivência (>90% até 100%) foi elevada para a maioria das espécies, nos diferentes sombreamentos, destacando-se a *P. cattleianum*, com 100% de sobrevivência no S1, S2 e S3 (Figura 6) e no S4 as mortalidades foram proporcionadas por lebres (*Lepus europaeus*). Entretanto, *E. involucrata*, demonstrou cerca de 30% de mortalidade, principalmente no ambiente com maior irradiância solar (S4-11%). Nessa condição de maior luminosidade também observou-se o maior desvio padrão, independente da espécie.

Figura 6 - Porcentagem de sobrevivência das espécies utilizadas no sub-bosque de plantio puro, em diferentes níveis de sombreamento, aos 12 meses após o plantio, Agudo, RS



Barras representam as médias e as linhas verticais o desvio padrão.

Fonte: O autor (2020).

6.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

6.3.1 Altura (H) e diâmetro do coleto (DC)

Houve crescimento expressivo em H e DC, observado desde a primeira estação após o plantio, e continuado ao longo do ano, para todas as espécies e ambientes (sombreamentos). Isso pode ser destacado no outono e primavera, devido ao maior incremento da temperatura, enquanto o verão representou a estação inicial de estabelecimento e o inverno de maior repouso vegetativo, tendo em vista a restrição das baixas temperaturas no sul do Bioma Mata Atlântica (Figura 2).

A. edulis e *P. cattleianum* no primeiro semestre pós-plantio não demonstraram que a H e o DC foram influenciados pelos sombreamentos, ao contrário de *C. americana* e *E. involucrata*, que desde a primeira estação, apresentaram o crescimento favorecido pelo sombreamento 80% (sob o plantio de *Inga vera*) e 36% (sob *Parapiptadenia rigida*). No decorrer do estudo, entretanto, nas duas últimas estações avaliadas, constatou-se que *A. edulis* teve seu crescimento favorecido na maioria dos ambientes, excetuando em S2-76% (sob cobertura de *Schinus*

terebinthifolius), enquanto *P. cattleianum* expressou sua tendência plástica, porém bem adaptada à condição de mais alta intensidade luminosa (Tabela 4).

Durante todo o período de avaliação foi observado que as plantas em ambiente de luz moderada se sobressaíram especialmente no outono, inverno e primavera/2019. Por outro lado, com exceção da primeira estação *C. americana* teve seu crescimento comprometido sob S2-76%, e no S4-11%, apesar de ter sido favorecida no S1-80%.

Tabela 4 – Atributos morfológicos em altura (H) e diâmetro do coleto (DC) de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, nas estações verão, outono, inverno e primavera/2019, em plantio puro

Verão/2019								
	<i>A. edulis</i>		<i>C. americana</i>		<i>E. involucrata</i>		<i>P. cattleianum</i>	
Sombreamento (%)	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC
S1-80	24,48a*	5,20a	31,39a	7,83a	19,18ab	4,73a	28,47a	7,23a
S2-76	25,76a	5,26a	27,87b	7,50a	19,07ab	4,65a	30,08a	7,37a
S3-36	24,45a	5,07a	28,99ab	7,74a	19,55a	4,68a	30,41a	6,46b
S4-11	23,61a	5,16a	29,80ab	7,46a	17,68b	4,49a	28,30a	7,34a
CV (%)	9,82	12,32	12,24	9,81	11,75	14,08	10,53	12,19
Outono/2019								
	<i>A. edulis</i>		<i>C. americana</i>		<i>E. involucrata</i>		<i>P. cattleianum</i>	
Sombreamento (%)	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC
S1-80	33,05a	6,83a	43,74a	9,90ab	23,56ab	5,76a	43,95a	9,37a
S2-76	29,56a	6,52a	35,98b	9,54b	21,92bc	5,87a	43,88a	9,65a
S3-36	32,94a	6,74a	44,02a	10,95a	24,65a	6,02a	45,11a	8,96a
S4-11	32,44a	6,71a	39,08ab	9,45b	19,98c	4,49a	41,82a	9,91a
CV (%)	0,11	12,84	1,22	15,52	13,54	6,30	14,94	3,11
Inverno/2019								
	<i>A. edulis</i>		<i>C. americana</i>		<i>E. involucrata</i>		<i>P. cattleianum</i>	
Sombreamento (%)	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC
S1-80	40,46a	7,56a	50,31ab	11,12ab	25,99ab	6,74a	52,30a	10,29b
S2-76	32,15b	6,89a	40,05c	10,43b	23,56bc	6,91a	53,15a	10,48ab
S3-36	37,59ab	7,52a	51,64a	12,05a	27,93a	7,07a	56,62a	11,50a
S4-11	38,31ab	7,53a	44,22bc	10,52b	21,44c	6,28a	51,25a	10,97ab
CV (%)	0,52	2,46	18,92	16,22	13,29	15,61	18,46	13,24
Primavera/2019								
	<i>A. edulis</i>		<i>C. americana</i>		<i>E. involucrata</i>		<i>P. cattleianum</i>	
Sombreamento (%)	H	DC	H	DC	H	DC	H	DC
S1-80	58,00a	8,08ab	63,21a	11,59ab	33,67a	7,20a	66,46a	11,22b
S2-76	48,45a	7,30b	47,44b	11,04b	28,51b	7,13a	62,49a	11,34b
S3-36	56,56a	8,31a	60,50a	12,89a	38,80a	7,47a	68,68a	12,82a
S4-11	52,32a	7,88ab	50,53b	10,81b	27,96b	6,60a	63,91a	12,07ab
CV (%)	30,22	1,53	19,72	15,21	4,26	16,20	16,42	14,08

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

No decorrer das estações a tendência observada no crescimento em altura e diâmetro do coleto é confirmada pela resposta do incremento 12 meses após o plantio (Tabela 5). Após um ano, observa-se que pelo menos um dos atributos

morfológicos (H e/ou DC) expressou a superioridade do sombreamento 80% e 36% para *C. americana* e *E. involucrata*, e a plasticidade de *A. edulis* e da adequada adaptação de *P. cattleianum* como espécie de preenchimento, ou seja, quando plantada em condição de mais elevada intensidade luminosa.

Tabela 5 - Incremento em altura (IncH) e diâmetro do coleto (IncDC) de mudas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* aos 12 meses após o plantio a campo, sob diferentes tratamentos

	Incremento							
	<i>A. edulis</i>		<i>C. americana</i>		<i>E. involucrata</i>		<i>P. cattleianum</i>	
Sombreamento (%)	IncH (cm)	IncDC (mm)	IncH (cm)	IncDC (mm)	IncH (cm)	IncDC (mm)	IncH (cm)	IncDC (mm)
S1-80	33,53a*	2,88ab	31,82a	3,76b	14,49ab	2,47a	38,27a	3,90b
S2-76	22,69a	2,04b	19,58b	3,54b	9,44bc	2,49a	32,42a	3,88b
S3-36	32,11a	3,23a	31,52a	5,15a	19,25a	2,79a	38,00a	6,35a
S4-11	28,71a	2,72ab	20,73b	3,35b	10,28c	2,11a	35,61a	4,73b
CV (%)	56,01	39,20	41,47	41,70	35,42	52,63	30,11	41,35

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Em relação ao incremento em diâmetro do coleto foram observadas maiores médias para *P. cattleianum* e *C. americana*, no tratamento S3-36%, ambiente também favorável para *A. edulis*, juntamente com S1-80% e S4-11%. As menores médias foram para as plantas de *E. involucrata*, que não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5).

6.3.2 Densidade média de estômatos

De modo geral as espécies estudadas apresentaram maior densidade média de estômatos nos tratamentos menos sombreados, com ênfase à *A. edulis* e *C. americana* ($p < 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6 – Densidade média de estômatos (n°/mm^2) na epiderme abaxial de quatro espécies florestais (*A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*)

Densidade média de estômatos (n°/mm^2)				
Sombreamento (%)	<i>A. edulis</i>	<i>C. americana</i>	<i>E. involucrata</i>	<i>P. cattleianum</i>
S1-80	263.31a*	335.12b	510.58a	351.36b
S2-76	211.95a	310.06b	550.84a	361.43ab
S3-36	300.63a	328.88b	614.99a	383.55ab
S4-11	302.62b	429.35a	638.99a	409.65a
CV(%)	7.47	12.74	13.11	6.95

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

A densidade média de estômatos foi superior para *E. involucrata* comparado às demais espécies, com aumento de cerca de 60% no S3-36% e S4-11%, em relação a *A. edulis*, a qual apresentou a menor densidade (Tabela 6). O nível de sombreamento S2-76% apresentou menores médias para *A. edulis* e *C. americana*, e o S1-80% para *E. involucrata* e *P. cattleianum*, durante o período analisado.

6.4 ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS

6.4.1 Índice de Clorofila Falker (ICF)

De modo geral, as clorofilas foram pouco influenciadas pelo sombreamento, indiferente da estação, excetuando *E. involucrata* que teve o aumento da concentração de pigmentos (Chla e Chlb) nos maiores níveis de sombreamentos, no outono e no inverno (Tabela 7, Apêndice E). Outras diferenças foram constatadas, para clorofilas *a* e *b* em *P. cattleianum*, que oscilou entre os níveis de sombreamento; e para *C. americana*, especificamente no verão, ou seja, cerca de 4 meses após o plantio, demonstrando maior concentração de Clhb no maior sombreamento.

Tabela 7 – Índices médios de clorofila *a* e *b* (ICF), em plantas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* em diferentes intensidades de sombreamento nas estações verão/2019 (V), outono/2019 (O), inverno/2019 (I) e primavera/2019 (P)

Clorofila <i>a</i>																
Sombreamento	<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucrata</i>				<i>P. cattleianum</i>			
	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P
S1-80%	27,93a*	34,10a	28,47a	33,08a	29,13a	31,60a	23,73a	28,07a	27,58a	38,25a	36,20a	38,57a	34,95a	36,72a	33,20b	41,20a
S2-76%	27,67a	30,32a	18,75a	26,82a	21,28a	28,38a	28,90a	24,10a	29,88a	36,77a	37,12a	34,10a	34,28a	37,53a	39,15a	39,20a
S3-36%	21,63a	25,38a	26,13a	28,42a	26,50a	28,97a	25,65a	20,23a	33,23a	35,65a	26,08b	32,57a	31,38a	37,92a	39,8a	35,55a
S4-11%	18,67a	27,35a	23,03a	29,38a	18,48a	26,87a	23,32a	19,23a	24,52a	25,45b	28,68ab	24,35a	32,32a	37,48a	36,83ab	38,22a
CV (%)	23,69	18,30	29,96	17,19	17,55	7,88	9,50	15,81	22,30	9,44	10,55	15,82	7,08	6,84	4,85	12,39
Clorofila <i>b</i>																
Sombreamento	<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucrata</i>				<i>P. cattleianum</i>			
	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P
S1-80%	6,72a	13,82a	7,27a	8,60a	9,13a	9,62a	7,68a	6,85a	10,05a	18,18a	15,62a	13,88a	13,05a	17,47a	11,38c	17,23a
S2-76%	7,67a	9,12a	4,63a	6,78a	5,03ab	7,92a	8,52a	6,50a	10,96a	13,82a	14,70ab	10,28a	11,53a	16,87a	19,62b	16,33a
S3-36%	4,55a	7,43a	7,63a	8,45a	6,60ab	8,13a	5,50a	3,45a	10,50a	11,32ab	5,42b	9,53a	9,95a	16,38a	26,70a	15,12a
S4-11%	3,78a	6,73a	5,83a	6,75a	3,47b	7,20a	5,22a	3,37a	4,95a	4,67b	6,03ab	4,87a	10,10a	14,10a	21,02b	13,93a
CV (%)	50,16	39,89	62,43	41,57	30,49	17,06	23,14	30,88	40,05	26,80	34,10	42,71	19,75	48,44	8,49	50,17

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

6.4.2 Fluorescência da clorofila a (Rendimento quântico)

O efeito significativo do sombreamento sobre o rendimento quântico raramente foi evidenciado, porém destaca-se a tendência de menor valor diante da maior irradiância. Para as espécies *A. edulis* e *C. americana* não houve efeito do sombreamento sobre a relação Fv/Fm, indiferente à estação ($p>0,05$). No inverno/2019 o sombreamento de 76% proporcionou incremento do rendimento quântico em *E. involucrata* (Tabela 8). *P. cattleianum* foi a espécie que demonstrou maior incremento do rendimento quântico com o aumento do sombreamento, durante o outono (Tabela 8).

Tabela 8 – Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de mudas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, nas estações verão/2019 (V), outono/2019 (O), inverno/2019 (I) e primavera/2019 (P), em plantio puro, sul do Bioma Mata Atlântica

Fv/Fm								
Sombreamento (%)	<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>			
	V	O	I	P	V	O	I	P
S1-80	0,698a*	0,703a	0,635a	0,781a	0,777a	0,786a	0,652a	0,770a
S2-76	0,673a	0,702a	0,630a	0,697a	0,639a	0,718a	0,694a	0,738a
S3-36	0,669a	0,657a	0,549a	0,725a	0,646a	0,656a	0,623a	0,601a
S4-11	0,480a	0,631a	0,494a	0,666a	0,485a	0,696a	0,583a	0,585a
CV (%)	19,46	11,50	11,78	8,58	16,51	6,52	11,58	19,76
Sombreamento (%)	<i>E. involucrata</i>				<i>P. cattleianum</i>			
	V	O	I	P	V	O	I	P
S1-80	0,735a	0,703a	0,425b	0,748a	0,747a	0,775a	0,616a	0,777a
S2-76	0,577a	0,727a	0,715a	0,711a	0,666a	0,663ab	0,674a	0,775a
S3-36	0,661a	0,564a	0,443b	0,584a	0,609a	0,685ab	0,592a	0,659a
S4-11	0,396a	0,531a	0,433b	0,532a	0,602a	0,552b	0,693a	0,698a
CV (%)	27,01	11,72	12,70	13,68	10,52	8,43	21,4	13,87

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

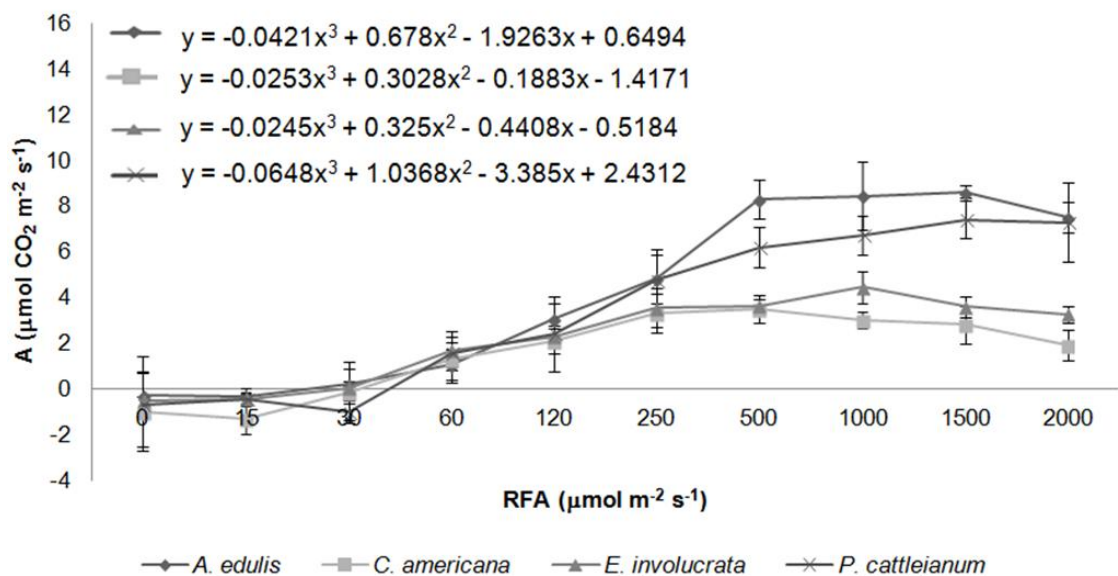
Fonte: O autor (2020).

6.5 CURVA DE LUZ

Na condição de viveiro (50% de sombreamento), mudas aparentemente saudáveis das espécies estudadas (*A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P.*

cattleianum) apresentaram máxima assimilação entre a radiação fotossinteticamente ativa de 500 a 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (*C. americana*, *E. involucrata* e *A. edulis*) e de 1500 a 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para *P. cattleianum* (Figura 7). *A. edulis* e *P. cattleianum* foram às espécies com máxima assimilação de carbono ($7 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Figura 7 - Taxa de assimilação de CO_2 (A) de acordo com a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, no viveiro.

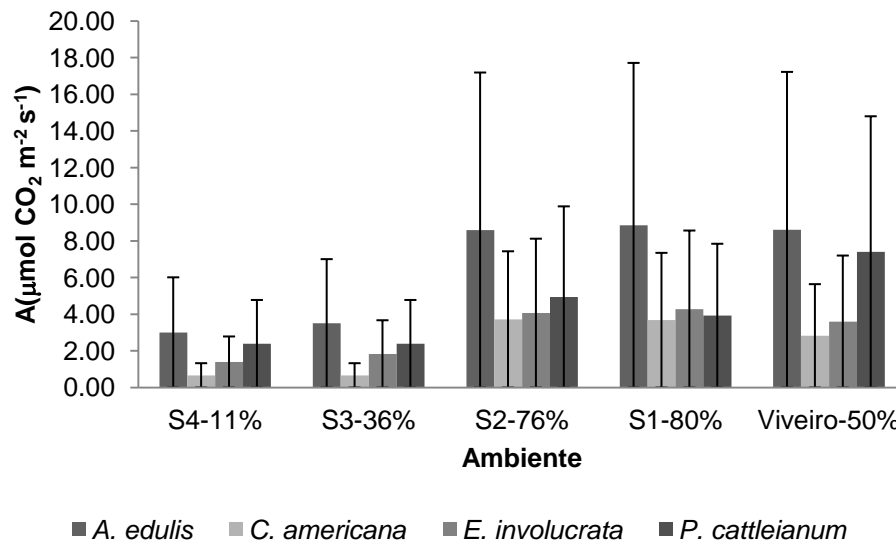


Linhas verticais representam o desvio padrão de quatro repetições.

Fonte: O autor (2020).

No campo, sob radiação fotossinteticamente ativa de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, somente *A. edulis* apresentou assimilação superior a $7 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas condições de maior sombreamento (> 76%). *P. cattleianum*, na estação de maior crescimento vegetativo (final da primavera/2019) também apresentou desempenho superior sob maiores níveis de sombreamento, porém reduziu seu potencial fotossintético quando comparada às mudas prontas para expedição no viveiro. Por outro lado, comparado às mudas analisadas no viveiro, *E. involucrata* e *C. americana*, demonstraram tendência para manter ou aumentar o potencial metabólico sob sombreamento no campo, apesar das mais baixas taxas fotossintéticas em relação as demais espécies (Figura 8).

Figura 8 - Taxa fotossintética (A) de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*, realizada no campo sob os níveis de sombreamento S1-80%, S2-76%, S3-36% e S4-11%, e no viveiro a 50% de sombreamento, final do experimento (primavera/2019)



Fonte: O autor (2020).

6.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Após um ano de plantio, na primavera/2019, a maioria das espécies apresentou correlação positiva com o sombreamento. No Apêndice K (coluna 4, linha 3) observa-se correlação forte positiva (98%) entre a Chla e Chlb em *C. americana* e *E. involucrata* (Apêndice L), e de 93% e 94% para *A. edulis* e *P. cattleianum*, respectivamente (Apêndices J e M). A forte correlação positiva também ocorreu entre a Chla e o rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) para *A. edulis*, *E. involucrata*, *P. cattleianum*, e para as duas últimas espécies citadas também entre a clorofila *b* e o Fv/Fm.

Para todas as espécies, outra evidência clara foi que o aumento do sombreamento esteve diretamente correlacionado com a temperatura do ar. Esse sombreamento, entretanto, foi indiretamente correlacionado com a temperatura do solo, mostrando correlações fortes, mas negativas, de modo que quando uma dessas variáveis aumenta a outra reduz. Conseqüentemente, o microclima gerado no sub-bosque modificou, inclusive demonstrando efeito positivo no rendimento

quântico de *C. americana*, que demonstra ter correlação forte e diretamente proporcional com o sombreamento (0,8) e temperatura do ar (0,72).

Observou-se que os atributos morfológicos geralmente não foram influenciados pelas variáveis ambientais, porém *A. edulis*, apresentou correlação positiva entre H e DC, mas essas não ficaram correlacionadas com nenhuma das demais variáveis estudadas. A H e DC de *E. involucreta* apresentaram forte correlação positiva entre si, mas negativa com a umidade relativa do ar. *C. americana*, assim como *P. cattleianum*, não tiveram H e DC correlacionados, porém a primeira teve o incremento de H negativamente influenciada pela umidade do ar. A altura de *P. cattleianum* esteve indiretamente correlacionada com a temperatura do solo, mas diretamente pelo rendimento quântico.

7 DISCUSSÃO

O restabelecimento de área degradada têm papel importante na paisagem, porém a definição de espécies adequadas para o plantio demonstra a necessidade de observações no campo. Isso ficou evidente no presente estudo, quanto ao comportamento variável das espécies em relação as suas características utilizadas para recomendação.

I. vera e *S. terebinthifolius*, apesar da mortalidade intermediária em relação às demais espécies plantadas, após cinco anos de plantio, demonstram maior capacidade de cobertura e potencial de recuperação do que *H. heptaphyllus*, *P. rigida*, mas principalmente quando comparadas à *C. sylvestris*. Isso confirma, em áreas degradadas, as limitações existentes para o estabelecimento de plantios a pleno sol, bem como o diferente potencial de cobertura realizado pelas espécies.

A restauração em diferentes etapas, tomando como base as *frameworks species* (sensu ELLIOTT et al., 2019; ELLIOTT et al., 2003; ELLIOTT; KUARAKSA, 2008; WYDHAYAGARN; ELLIOTT; WANGPAKAPATTANAWONG, 2009), é uma estratégia promissora, considerando a tolerância às condições ambientais adversas (elevada temperatura do solo, radiação incidente e baixa umidade relativa do ar), rápido crescimento, formação de copas amplas, entre outras características, capazes de acelerar a reconstituição florestal em área degradada. Dentro desse conceito, identifica-se *I. vera* e *S. terebinthifolius*, as quais, pelas características citadas, podem compor o arranjo inicial em áreas degradadas no Bioma Mata Atlântica. Ambas espécies, após cinco anos de plantio reduziram a irradiância (PAR \cong 424 e 461 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente) e temperatura do solo (\cong 24° e 23,8 °C), e aumentaram a umidade relativa do ar (\cong 86,1 e 85,9%), em relação à *C. sylvestris* (PAR \cong 1773; 25,9 °C; 83,4%).

Por outro lado, analisando o conceito de diversificação, o que consiste na utilização dos diferentes grupos ecológicos concomitantemente no plantio, por meio das “espécies de preenchimento” (espécies de recobrimento) e “espécies de diversidade” (sensu GANDOLFI; BELOTTO; RODRIGUES, 2009; GANDOLFI; RODRIGUES, 2007; RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009; RODRIGUES et al., 2009), as respostas permitem selecionar *I. vera* e *S. terebinthifolius* como aptas à lista das espécies de preenchimento. Secundariamente, *H. heptaphyllus* e *P. rigida* compoem arranjos iniciais. Por outro

lado, *C. sylvestris* deve ser introduzida como espécie de enriquecimento, tendo em vista sua mais elevada mortalidade e reduzido crescimento, quando utilizada no pleno sol (Figura 6).

Essas espécies, inicialmente selecionadas por suas características heliófilas e pioneiras, proporcionaram diferentes coberturas e, conseqüentemente, níveis de sombreamento (Tabela 2). Assim, questiona-se se o método comumente utilizado para seleção de espécies, respaldado em estudos fitossociológicos e informações ecológicas analisadas na natureza (ARONSON; VAN ANDEL, 2005; CRESTANA et al., 2004; CHOI, 2004), é suficiente. A partir dessa análise, as cinco espécies teriam sido corretamente selecionadas para plantio em pleno sol, pois em pelo menos uma literatura, foram descritas como heliófilas ou pioneiras (BACKES; IRGANG, 2004; CARVALHO, 2008; GANDOLFI; LEITÃO FILHO; BEZERRA, 1995; LORENZI, 2008). Desse modo, considera-se que a análise para seleção deve ser mais abrangente, pois existe cerca de 40 milhões de hectares de área alterada no Brasil (PADOVEZI et al., 2018) que precisam ser acertadamente conduzidas, bem como múltiplos desse valor no mundo.

As quatro espécies plantadas nos sub-bosques de *Inga vera* (sombreamento 80%, S1-80%), *S. terebinthifolius* (S2-76%), *P. rigida* (S3-36%) e *C. sylvestris* (S4-11%), permitiram evidenciar o efeito da mudança do microclima sobre plantas jovens (mudas). Destaca-se que a intensificação do sombreamento, contribuiu com a redução da temperatura do solo, aumento do rendimento quântico, entre outras correlações (Apêndices J, K, L M).

Uma das explicações é que as espécies plantadas no sub-bosque (*A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*) apresentam diferente ponto de saturação de luz (Figura 7), ou seja, são capazes de responder melhor dentro de limites de luz específicos, assimilando CO₂ em intensidade variável (250 a 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Figura 7). Resultados semelhantes também foram constatados em estudos com as espécies *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (RONQUIM; PRADO; SOUZA, 2018).

A alta capacidade de sobrevivência (>90%) de *Allophylus edulis*, *Cordia americana* e *Psidium cattleianum*, em área degradada, sob diferentes intensidades de sombreamento é favorável, e um critério inicial para seleção. Por outro lado, a elevada variação dos dados no menor sombreamento (S4-11%), sugere que

algumas plantas foram mais favorecidas do que outras, possivelmente devido à proteção proporcionada por indivíduos sobreviventes de *C. sylvestris*.

Situação contrária constatou-se para *Eugenia involucrata*, que apresentou expressiva mortalidade diante das maiores taxas de radiação solar (S3-36% e S4-11%). Essa resposta teve efeito indireto do sombreamento (Figura 7 e 8), e direto da temperatura no solo (Apêndice L). O presente estudo corrobora que a sobrevivência é influenciada por fatores como a radiação solar e a competição com outras plantas por água e nutrientes (CARNEVALI et al., 2016).

Estudos têm demonstrado que espécies apresentam comportamento variável à sobrevivência e crescimento, quando plantadas em diferentes níveis de radiação solar. De modo semelhante à presente pesquisa, Ortega et al. (2006) não encontraram diferenças na taxa de sobrevivência de plantas de *Psidium cattleianum*, quando a estudaram por quatro meses a pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento. Entretanto, *E. involucrata* demonstra resultado semelhante ao encontrado por Aimi et al. (2017), que verificaram que a sobrevivência de *Apuleia leiocarpa* JF Macbr (grápia) foi positivamente influenciada pelo aumento dos níveis de sombreamento. Essas respostas indicam que *P. cattleianum* é uma espécie apropriada para compor a lista das espécies de preenchimento, ou *framework species*, do mesmo modo que *A. edulis* e *C. americana*. Por outro lado, *E. involucrata*, semelhante a *A. leiocarpa* (Aimi et al., 2017) são mais apropriadas para compor a lista de espécies de enriquecimento, tendo a sobrevivência maximizada quando plantadas sob cobertura das copas de outras espécies.

Em outra perspectiva, analisando os atributos altura e diâmetro do coleto, o sombreamento S3-36% demonstrou otimizar o potencial de todas espécies. Esse sombreamento, entretanto, pode ser aumentado para espécies como *E. involucrata* e *C. americana*, reduzido para *P. cattleianum*, e indiferente para *A. edulis*.

Contudo, o crescimento em altura e diâmetro do coleto são fatores importantes que, juntamente com respostas associadas à fotossíntese e sobrevivência, permitem otimizar projetos de restauração, por meio da seleção mais adequada das espécies. Nesse sentido, pesquisas específicas no viveiro e campo demonstraram a adaptação das espécies a níveis de luz, onde 30% de sombreamento favoreceu *Cryptocaria aschersoniana* Mez. (ALMEIDA et al., 2004) e *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (CARVALHO et al., 2006). Enquanto, Azevedo et al. (2010) pesquisando *Simarouba amara* Aubl., Reis et al. (2016) *Copaifera langsdorffii*

(Desf.) Kuntze, Lenhard et al. (2013) *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *leiostachya* Benth, observaram que as espécies apresentaram maiores índices de crescimento quando mantidas em ambiente sob 50% de sombreamento; o sombreamento mais intenso, foi indicado para *Caesalpinia echinata* Lam. (AGUIAR et al., 2011), *Ilex paraguariensis* A. St. Hill. (POLETTO et al., 2010).

Por outro lado, Aimi (2014); Tonetto (2014) e Almeida et al. (2005), para as espécies *Cabraela canjerana* Vell. Mart., *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos e *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., respectivamente, verificaram o maior crescimento ocorrendo nos menores níveis de sombreamento e no pleno sol. Nesse contexto, conforme o presente estudo e inferências na literatura percebe-se que as necessidades de luminosidade variam entre as espécies, conforme relatado por Gomes e Freire (2019).

De modo geral, as espécies estudadas demonstram a tendência de apresentar densidade média de estômatos superior sob maior luminosidade, o que pode ser uma estratégia para o arrefecimento das folhas, tendo função de proteção das mesmas (PEREIRA et al., 2019). Destaca-se, porém, que apesar de apresentarem maior densidade média de estômatos, isso não proporcionou incremento no rendimento quântico do fotossistema II (Tabela 8) ou na taxa fotossintética (Figura 8), indicando que a maior densidade média de estômatos não reflete diretamente no incremento e massa seca. A plasticidade de *A. edulis* pode estar associada a menor densidade média de estômatos, enquanto *E. involucrata*, no outro extremo, perde mais água e por isso seu desempenho é comprometido em condição de maior luminosidade e conseqüentemente, temperatura.

Em contrapartida, *E. involucrata* aumentou expressivamente os índices de Chla e Chlb nos maiores sombreamentos, assim como *C. americana* logo após o plantio (verão), e *P. cattleianum* no inverno e primavera. A tendência dos maiores valores de clorofila em ambientes sombreados é uma característica comum, fato também constatado por Huang et al. (2011), podendo-se considerar dois aspectos: sob sombreamento a planta precisa otimizar a absorção de radiação solar, assim produzir mais clorofilas; e apesar das moléculas de clorofila serem continuamente sintetizadas e destruídas, a fotooxidação, intensificará a degradação das clorofilas sob maior luminosidade (ALMEIDA et al., 2004; LARCHER, 2006; PRADO; CASALI, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). Entretanto, destaca-se, que plantas com elevados teores de clorofila captam mais energia e potencializam a taxa fotossintética

(AFONSO et al., 2017; FREITAS et al., 2012), conforme observado pelas correlações positivas entre o índice de Chla e o rendimento quântico de *A. edulis*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* (Apêndices J, L, M). Desse modo, a tendência de menor concentração de clorofila sob maior luminosidade pode ter influenciado negativamente o rendimento quântico (Tabela 7) e a taxa de assimilação obtida após um ano de plantio (Figura 7).

Os menores valores de Fv/Fm observados nas folhas de *A. edulis*, *C. americana* e *E. involucrata* sob pleno sol (S4-11%) indicaram a ocorrência de fotoinibição (CRITCHLEY, 1998), ao contrário de folhas no ambiente sombreado que obtiveram maior rendimento quântico (Tabela 8). A fluorescência, geralmente, manteve-se próxima a 0,7 nos maiores sombreamentos, reduziu mediante maior intensidade luminosa. Isso, conseqüentemente, demonstra a tendência de maior rendimento quântico, quando as espécies foram plantadas pelo menos a 36% de sombreamento (*A. edulis* e *P. cattleianum*) ou maior do que esse (*C. americana* e *E. involucrata*), corroborando os resultados de taxa de assimilação em função da demanda natural de cada espécie ao fluxo de fótons. Contudo, é evidente a importância da classificação das espécies a partir das respostas de luz, considerando os filtros ecológicos correlacionados a esse fator em áreas degradadas.

Conforme foi observado em ambiente com menor sombreamento, as condições edáficas do solo degradado, raso, entremeado com resíduos de aterro, também estão entre os fatores limitantes da sobrevivência, desempenho fisiológico e crescimento dessas plantas. Além da elevada intensidade de radiação, porém destaca-se que a característica alelopática de *S. terebinthifolius*, pode ter representado um filtro ecológico na área. Apesar de S2-76% (sombreamento formado por *S. terebinthifolius*) ser similar a S1-80%, as variáveis morfológicas altura, diâmetro do coleto e densidade média de estômatos, das espécies avaliadas no plantio de enriquecimento, foram reduzidas, apesar da elevada sobrevivência, corroborando com estudo de Comiotto, Moraes e Lopes (2011), Pawlowski e Soares (2007) e Souza et al. (2009). Por outro lado, o fato pode ter ocorrido devido ao elevado adensamento da espécie, conduzida em plantio puro, potencializando a secreção de substâncias inibidoras do crescimento.

Cabe salientar que *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum* apresentaram crescimento reduzido no primeiro ano após plantio, com taxas

assimilatórias variáveis quando comparadas a outras arbóreas como o gênero *Eucalyptus*, com $A \cong 14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (MAZZUCHELLI; SOUZA; PACHECO, 2014), *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, $A \cong 13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no pleno sol versus $A \cong 7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na sombra (RONQUIM; PRADO; SOUZA, 2018) e *Myroxylon peruiferum* L.f, $A=7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008). Essa resposta está associada às características das espécies à demanda de luz (Figura 8); e à estação, tendo em vista que a taxa assimilatória foi analisada no final da primavera, ocasião em que há aumento da intensidade luminosa, após o período vegetativo.

Contudo, as espécies previamente plantadas há cinco anos (*I. vera*, *S. terebinthifolius*, *P. rigida*, *H. heptaphyllus* e *C. sylvestris*) e aquelas utilizadas no enriquecimento, com um ano de idade (*A. edulis*, *C. americana*, *E. involucrata* e *P. cattleianum*) apresentam comportamento específico, quando expostas a pleno sol em áreas degradadas. Desse modo, tomando como base a metodologia *framework species* (ELLIOTT et al., 2019), na fase inicial de restauração de áreas no Sul do Bioma Mata Atlântica, é apropriado um arranjo com o uso de *I. vera*, *S. terebinthifolius*, *A. edulis*, *P. cattleianum*. Essas, também são apropriadas para compor a porção das espécies de preenchimento (BRANCALION et al., 2009; ISERNHAGEN et al., 2009). Em menor densidade, *P. rígida* e *H. heptaphyllus*, também, podem compor o arranjo inicial.

Destaca-se, entretanto, que *C. americana*, mas principalmente *C. sylvestris* e *E. involucrata* devem ser conduzidas como espécies de diversidade (BRANCALION et al., 2009; ISERNHAGEN et al., 2009), ou introduzidas seguindo modelo de sucessão natural (ELLIOTT et al., 2019), por meio de enriquecimento.

Estudos mais específicos abordando a regeneração natural no sub-bosque de *S. terebinthifolius*, em plantio puro e misto, poderá subsidiar informações mais consistentes em relação ao adensamento dessa espécie. Isso permitirá desenvolver manejo adequado, sem que seja refutado o uso de uma espécie com efetivas contribuições iniciais na restauração de ambientes degradados, conforme também verificado por Marcuzzo, Araujo e Gasparin (2015) e Rorato et al. (2017).

8 CONCLUSÃO

I. vera, *S. terebinthifolius*, *A. edulis* e *P. cattleianum* são espécies aptas a plantio em pleno sol e apresentam plasticidade para serem convenientemente utilizadas sob sombreamento.

H. heptaphyllus e *P. rigida* podem ser plantadas a pleno sol, porém não proporcionam sombreamento efetivo capaz de favorecer as espécies com menor tolerância a condição de pleno sol. Condição contrária para *I. vera* e *S. terebinthifolius* que rapidamente proporcionam cobertura na área.

C. sylvestris, *C. americana* e, principalmente, *E. involucrata* tem atributos morfológicos e fisiológicos favorecidos quando utilizadas em plantios sob sombreamento mínimo de 36%, no primeiro ano de estabelecimento no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M. et al. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.
- ABREU, D. C. A. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Allophylus edulis* (ST.-HIL.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 59-66, 2005.
- AFONSO, M. V. et al. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.
- AFONSO, M. V. et al. Parâmetros fisiológicos de mudas de *Albizia niopoides* produzidas em diferentes composições de substrato. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, p. 1395-1402, 2017.
- AGUIAR, F. F. A. et al. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6. p. 729-734, 2011.
- AGUILERA, D. B., FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.
- AIMI, S. C. et al. Shading as a conditioning factor to forest species planting: a study with *Apuleia leiocarpa*. **Bosque** (Valdivia), v. 38, n. 2, p. 371-379, 2017.
- AIMI, S. C. **Tecnologia de sementes e crescimento inicial de mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.
- AIMI, S. C. et al. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, p. 1361-1370, 2016.
- ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2015.
- ALMEIDA, C. et al. Espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.): saber de erveiros e feirantes em Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v. 17, n. 4, p. 722-729, 2015.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016, 200 p.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2000. 130 p.

- ALMEIDA, L. P. et al. Crescimento inicial de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetida a níveis de radiação solar. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- ALMEIDA, S. M. Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Fast Track, 2013.
- ANDRADE NETTO, D. S. et al. **Manual de restauração florestal de áreas de preservação permanente, Alto Teles Pires, MT**. The Nature Conservancy & LERF: Brasília, 2015.
- ANDRADE, G. K. O. et al. Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v. 61, 2018.
- ARAUJO, H. J. B. et al. Plantios de Enriquecimento em Florestas de Produção no Acre. Rio Branco: **Embrapa**, 2013. (Circular Técnica 66).
- ARAUJO, M. M. et al. Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (Ed.). **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: Editora Ufsm, 2018. p. 345–365.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- ARONSON, J.; VAN ANDEL, J. Challenges for ecological theory. In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. **Restoration Ecology: the new frontier**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. p. 223-233.
- ATONDO-BUENO, E. J.; BONILLA-MOHENO, M.; LOPEZ-BARRERA, F. Cost-efficiency analysis of seedling introduction vs. Direct seeding of *Oreomunnea mexicana* for secondary forest enrichment. **Forest Ecol. Manage.** 409, 399–405, 2018.
- ATROCH, E. M. A. C. et al. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.
- AZEVEDO, I. M. G. et al. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 157-164, 2010.
- AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzida em diferente substrato**

e tubetes, 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e reconhecimento ecológico. Porto Alegre: Palloti, 2002, 325 p.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica**: as árvores e a paisagem. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004, 351 p.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. **Guia técnico para a recuperação de vegetação em imóveis rurais no Estado da Bahia**/Secretaria do Meio Ambiente. Salvador: SEMA, 2017. 82 p.

BARBEDO, A. S. C. et al. **Manual técnico de arborização urbana**. 2. ed. São Paulo: PMSPVMA. 2005.

BARBOSA, B. C. et al. **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação**. Juiz de Fora, MG: Edição dos autores, p. 107, 2017.

BERGHETTI, A. L. P. et al. Growth and physiological attributes of *Cordia trichotoma* seedlings in response to fertilization with phosphorus and potassium. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 49, p. 133-142, 2019.

BERTACCHI M. I. F. et al. Estabelecimento de mudas de árvores no sub-bosque de recuperação: plantio de regeneração e enriquecimento natural. **Restoration Ecology**. v. 24, n. 1, p. 100–108, 2016.

BOGAERT, J. et al. Forest fragmentation: causes, ecological impacts and implications for landscape management. In: Li et al. (eds). **Landscape Ecology in Forest Management and Conservation: Challenges and Solutions for Global Change**. Beijing, China. Higher Education, 2011. p. 273-296.

BOGARIM, de A. P. E. **Uso do hidrogel em plantas nativas, visando aplicação em áreas degradadas**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2014.

BRANCALION, P. H. S. et al. Fase 2: plantio de árvores nativas brasileiras fundamentado na sucessão florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I., editores. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica; 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio. 2012. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12651.htm#art83>. Acesso em 13 de jun. de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia

para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=526>>. Acesso em: 15 mar., 2019.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255p.

CALLEGARO, R. M.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fitossociologia de agrupamentos em Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo - RS. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 590-598, 2014.

CAMPOE, O. C. et al. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From Leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 313, p. 233-242, 2014.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; MENDES, J. C. T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forests? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1808–1814, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n.12, p.1363-1371, 2010.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Campos dos Goytacazes: Ed. UFPR; FUPEF; UENF, 1995.

CARNEVALI, N. H. S. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016.

CARON, B. O. et al. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 75-82, 2012.

CARVALHO, N. O. S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, PR, Embrapa, Vol. III. 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, p. 1039, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Guajuvira**. Circular Técnica Embrapa, v. 97, p. 1-10, 2004.

CARVALHO, P. E. R. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e a implantação de povoamentos. In: Galvão, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa, p.151-174, 2000.

CHARTZOULAKIS, K. et al. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 95 p. 39–50, 2002.

CHOI, Y. D. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. **Ecological Research**, n. 19, p. 75-81, 2004.

COMIOTTO, A.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Potencial alelopático de extratos aquosos de aroeira sobre germinação e crescimento de plântulas de alface. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 10, n. 3, p. 23-31, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**; SBCS-NRS: Brasil, 10 ed., Porto Alegre, 2016. 376 p.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro - Região Sul. Brasília: MMA, 2011. 934 p.

CORDEIRO, J. L. P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. de P. et al. (Editores). **Campos Sulinos**: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA, 2009, cap. 23, p. 285-299.

COSTA, E. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de jatobazeiro do cerrado em Aquidauana – MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 3, n. 1, p. 215-226, 2011.

COSTA, G. S. et al. Physiological and growth strategies of two *Cariniana* species in response to contrasting light availability. **Flora**, 2019.

COSTA, T. C. C.; NETTO, D. A. M. Sobrevivência e Crescimento Inicial de Espécies Arbóreo Arbustivas Nativas em Ambiente de Mata Ciliar. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 154, p. 1, 2016.

CRESTANA, M. S. M. et al. **Florestas**: sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislações. 2. ed. Campinas: CATI, 2004. 216 p.

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

DANTAS, B. F. et al. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2009.

- DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 485-498, 2013.
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Eds). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. 1. ed. Lavras: MG, UFLA, 2008, cap. 2, p. 83-94.
- DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L; WILSON, S. B. **Hartmann and Kester's Principles and Practices of Plant Propagation**. Pearson Education, Inc., New York, 2018. 1004 p.
- DE PAULA, A. et al. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, Alta Floresta, v. 18, n. 3, p. 407-423, 2004.
- DEGENHARDT, J.; FRANZON, R. C.; COSTA, R. R. **Cerejeira-do-mato (*Eugenia involucrata*)**. Embrapa Clima Temperado, 2007.
- DENICH, M. et al. A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 110, p. 43-58, 2005.
- DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas Brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p. (IF. Série Registros, 4).
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTANA, R. C. Parâmetros fisiológicos de mudas de copaíba sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1212-1218, 2012.
- ELLIOTT, S. et al. Collaboration and Conflict - Developing Forest Restoration Techniques for Northern Thailand's Upper Watersheds Whilst Meeting the Needs of Science and Communities. **Forests**, v. 10, n. 9, 2019.
- ELLIOTT, S.; KUARAKSA, C. Producing Framework Tree Species for Restoring Forest Ecosystems in Northern Thailand. **Small-scale Forestry**. 2008.
- ELLIOTT; S. et al. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 177-191, 2003.
- ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília, 2013.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 1-26.

FALKER, Automação agrícola. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, 2008. 33 p. Disponível em: <http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4>. Acesso em: 20 abr 2019.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.

FAVARETTO, V. F. et al. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environmental and Experimental Botany**. v. 70, p. 20-28, 2011.

FERMINO, M. H.; MIETH, P. Análises de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas um enfoque à Silvicultura**. 1 ed. Santa Maria, RS: UFSM, 2018. cap. 8, p. 167-186.

FERRAZ, A. V. ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FERRETTI, A.R. et al. Classificação de espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Revista Florestar Estatístico**, São Paulo, n. 3, p. 73-77, 1995.

FRANZON, R. C. et al. **Araçás do gênero Psidium**: principais espécies, ocorrência, descrição e usos. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2009. 48p. (Embrapa Cerrados, Documentos, 266).

FRANZON, R. C.; RASEIRA, M. C. B. Meiotic index in Myrtaceae native fruits trees from southern Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, p. 344-349, 2004.

FRANZON, R. C.; RASEIRA, M. C. B. Germinação in vitro e armazenamento do pólen de *Eugenia involucrata* DC. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 18-20, 2006.

- FREITAS, J. C. O. et al. Características morfofisiológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 859-872, 2012.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Fundação SOS Mata Atlântica: Belo Horizonte, p. 472, 2005.
- GANDOLFI, S.; BELLOTTO, A.; RODRIGUES, R. R. Inserção do conceito de grupos funcionais na restauração, baseada no conhecimento da biologia das espécies. In: RODRIGUES, R. R.; SANTIN BRANCALION, P. H.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 62-77.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Coord.). **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. São Paulo, p. 109-144, 2007.
- GASPARIN, E. et al. Supervivencia y Crecimiento inicial de *Parapiptadenia rigida* en campo. **Floresta**, Curitiba, v. 47, p. 533-542, 2017.
- GIAM, X., Global biodiversity loss from tropical deforestation. **PNAS**. v. 114, n. 23, p. 5775–777, 2017.
- GOGOSZ, A. M.; BOEGER, M. R. T. Functional morphology of subtropical tree seedlings in southern Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 70, 2019.
- GOMES, A. D. V.; FREIRE, A. L. O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. **Revista Scientia plena**, v. 15, n.11, 2019.
- GOMES, J. M. et al. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 417-424, 2019.
- GOMES, J. M., PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004, 116 p.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** (Propagação sexuada). Cadernos didáticos, 72. Viçosa: UFV, 1ª ed., 2011. 116p.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Produção de mudas de eucalipto por sementes**. Informe Agropecuário, v. 29, n. 242, p. 14 - 22, 2008.

GRINGS, M.; BRACK, P. Árvores na vegetação nativa de Nova Petrópolis. **Iheringia**. Série Botânica, v. 64, p. 5-22, 2009.

GUENNI, O.; SAITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v. 42, p. 75–87, 2008.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and Interpretation. **Tree Planters Notes**, Washington, v. 52, p. 24-30, 2008.

HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration ecology**, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2001.

HOLL, K.D.; AIDE, T.M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1558–1563, 2011.

HUANG, D. et al. Morphological plasticity, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Athyrium pachyphlebium* at different shade levels. **Photosynthetica**, v. 49, n. 4, p. 611-618, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

ISERNHAGEN, I. **Uso da semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. 2010. 107f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.

ISERNHAGEN, I.; BOURLEGAT, J. M. G.; CARBONI, M. Trazendo a riqueza arbórea regional para dentro das cidades: possibilidades, limitações e benefícios. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v. 4, n. 2, p. 117-138, 2009.

JOHNSON, G.N et al. The dissipation of excess excitation energy in British plant species. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 673-679, 1993.

JOLY, C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist** (Print), v. 203, p. n/a-n/a, 2014.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Diversidade genética em espécies arbórea tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 93-107, 2003.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F., eds. **Matas ciliares: Conservação e**

recuperação. 2. ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, FAPESP, p. 249-269. 2004.

KEELING, H. C.; PHILLIPS, O. L. The global relationship between Forest productivity and biomass. **Global Ecology and Biogeography**, Malden, v. 16, p. 618-631, 2007.

KELLING, M. B. **Produção de mudas e crescimento inicial a campo de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes condições de irrigação, polímero hidrorretentor, sombreamento e umidade do solo**. 2015. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

KELLING, M. B. et al. Regímenes de riego y dosis de polímero hidrorretenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. **Bosque**, v. 38, n. 1, p. 123-131, 2017.

KELLY, J. et al. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 287-293, 2009.

KENZO, T. et al. Growth and photosynthetic response of four Malaysian indigenous tree species under different light conditions. **Journal of Tropical Forest Science**, n. 23, p. 271-281, 2011.

KLIPPEL, V. H. et al. Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

KRAUSE, G. H. et al. Photosynthesis, photoprotection, and growth of shade-tolerant tropical tree seedlings under full sunlight. **Photosynth Res**. v. 113, p. 273–285, 2012.

KUPTZ, D.; GRAMS, T. E. E.; GÜNTER, S. Light acclimation of four native tree species in felling gaps within a tropical mountain rainforest. **Trees**, v. 24, p. 117–127, 2010.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, 2005.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The Container Tree Nursery Manual**. Seedling Processing, and Outplanting. Agriculture Handbook 674, Washington, DC. Department of Agriculture Forest Service, v. 7, 200 p, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA. 2006. 532p.

- LAURANCE, W. F. et al. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology**, v. 87, n. 2, p. 469-482, 2006.
- LENHARD, N. R. et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. O papel do ecossistema ripário. In: LIMA, W. P., ZAKIA, M. J. B. (Eds.). **As Florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. Rima, São Carlos, 2006, p. 77-87.
- LINO, C. F.; SIMOES, L. L. **Sustentável Mata Atlântica - A Exploração de seus recursos florestais**, Senac Editoras, 2004.
- LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: 176 p. 1995.
- LOPES, J. L. W. et al. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 31, 2011.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Ed. UFV: Viçosa, MG, 2015.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, p. 352, 1992.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2, ed. 2. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2008.
- LUNA, T.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Containers. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds.). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington. D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. v. 1, 2009. p. 95-111.
- MADHU, M. et al. Initial growth performance of Shola species under enrichment plantation in the Nilgiris, Tamil Nadu. **Journal of Environmental Biology**, v. 37, n. 1, p. 91-95, 2017.
- MANGUEIRA, J. R. S. A. **Conservação e manejo de remanescentes florestais degradados em paisagem agrícola de elevada fragmentação**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. 132 p. 2017.
- MARANGON, L. C. et al. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo de um fragmento de floresta estacional semidecidual, no

município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 208-221, 2007.

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas: Myrtales**. Santa Maria, UFSM. 1997. 304 p.

MARCONATO, G. M. **Avaliação de quatro métodos de restauração florestal de áreas úmidas degradadas no Município de Mineiros do Tietê – SP**. Botucatu, 2010.

MARCUZZO, S. B. et al. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, p. 39-48, 2013.

MARCUZZO, S. B. et al. Comparação entre áreas em restauração e área de referência no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, p. 961-972, 2014.

MARCUZZO, S. B.; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E. Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em unidades de conservação: Um estudo de caso no sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 129–140, 2015.

MARTINS, S. V. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012 a, 293 p.

MARTINS, S. V. et al. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. UFV, Viçosa, p. 371, 2012 b.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Aprenda Fácil: Viçosa: 2001.

MAZZUCHELLI, E. H. L; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4. p. 443-450, 2014.

MERCÊS, D. A. et al. Sobrevivência de plântulas, características fotossintéticas e crescimento de *Discocarpus pedicellatus* (Phyllanthaceae). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n.1, p. 001-010, 2013.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target Seedling Symposium: Proceedings combined meeting of the western forest nursery associations, 1990, Oregon. **Proceedings...Oregon**: USDA, 1990. cap. 3. p. 17-37.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Portaria nº 51**, de 3 de fevereiro de 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Portaria nº 289**, de 16 de julho de 2013 Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio

Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais.

MIRALLES, J., MARTÍNEZ-SANCHEZ, J. J., FRANCO, J. A. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated shade environments: Morphological, anatomical and physiological responses. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 562-570, 2011.

MORGAN, E. C.; OVERHOLT, W. A. Potential allelopathic effects of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) aqueous extract on germination and growth of selected Florida native plants. **Journal of the Torrey Botanical Society**. v. 132, n. 1, p. 11-15, 2005.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FMS, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, v. 74, p. 219-231, 2002.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

NAVE, A. G. et al. Descrição das ações operacionais de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009, v. 1, p. 178-238.

NAVE, A.G. et al. **Manual de restauração ecológica: técnicos e produtores rurais no extremo Sul da Bahia**. 56 p. 2016.

NERI, A. V. et al. Espécies de Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro, Paracatu-MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 907-918, 2011.

NOGUEIRA, P. L. W. et al. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v. 58, n. 4, p. 365-371, 2015.

OLIVEIRA, A. K. M; PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 263-273, 2012.

OLIVEIRA-GOMES, L. C. et al. Composição florística e estrutura da comunidade de trepadeiras da Floresta Atlântica no Sul de Santa Catarina, Brasil. Iheringia, **Série Botânica**, Porto Alegre, v. 73, n. 1, p. 5-12, 2018.

OLIVEIRA-JÚNIOR, P. R.; MARMONTEL, C. V. F.; MELO, A. G. C. Desenvolvimento inicial de quatro espécies florestais nativas em diferentes recipientes. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 20, n. 1, 2012.

ORTEGA, A. R. et al. Avaliação do crescimento de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 300-308, 2006.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L. Espécies arbóreas nativas pioneiras em sistemas agroflorestais biodiversos. **Revista GeoPantanal**, Corumbá, n. 24, p. 53-68, 2018.

PADOVEZI, A. et al. **A reserva legal que queremos para a Mata Atlântica**. 1. ed. Brasília, DF: Quartzô comunicação, 2018, v. 1, 104 p.

PAWLOWSKI, A.; SOARES, G. L. G. Inibição da germinação e do crescimento radicial de alface (*Lactuca sativa* cv. Grand Rapids) por extratos alcoólicos de espécies de *Schinus* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 666-668, 2007.

PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. cap. 3, p. 33-51.

PEREIRA, D. C. et al. Agroecological seedling production and field cultivation of chicory. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, 2019.

PIAGGIO, M.; DELFINO, L. Florística y fitosociologia de um bosque fluvial em Minas de Corrales, Rivera, Uruguay. **Iheringia**, Série Botânica, v. 64, p. 45-51, 2009.

PIMENTEL, R. M. et al. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **PUBVET**, v. 10, n. 9, p. 666-679, 2016.

PINTO, L. P. et al. A Mata Atlântica. In: RODRIGUES, R. R., BRANCALION, P. H. S., ISERNHAGEN, I. (Eds.). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Instituto BioAtlântica, São Paulo, p. 256, 2009.

PINTO, L. P. et al. Mata Atlântica. In: SCARANO, F. R.; SANTOS, I. L.; MARTINS, A. C. I.; SILVA, J. M. C.; GUIMARÃES, A. L.; MITTERMEIER, R. A. (Eds.). **Biomass brasileiros: retratos de um país plural**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012.

PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, p. 395-404, 2008.

PIRES, P. T. L.; ZENI JR, D. M.; GAULKE, D. As unidades de conservação e a floresta ombrófila mista no estado do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 59-603, 2012.

POLETTI, I. et al. Influência da inoculação de *Fusarium* sp. e níveis de sombreamento no crescimento e desenvolvimento da erva-mate. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 513-521, 2010.

POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. **Functional Ecology**, London, v. 15, n. 1, p. 113-123, 2001.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal**: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri: Manole, 2006. 448 p.

QUADROS, E. L. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Florianópolis: Intei, 104 p. 2009.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

REGO, G. M.; LAVORANTI, O. J.; ASSUMPÇÃO N. A. **Floração e frutificação da cerejeira-do-mato, em áreas fragmentadas da Floresta Ombrófila Mista, no município de Colombo, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 8 p, 2006a.

REGO, G.M.; LAVORANTI, O.J.; ASSUMPÇÃO N. A. **Monitoramento dos estádios fenológicos reprodutivos da cerejeira-do-mato**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006b. 5 p. (Embrapa Florestas Comunicado Técnico, 171).

REIS, A. et al. Nucleação: concepção biocêntrica para restauração ecológica. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REIS, P. C. M. R. et al. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia com base em propriedades físicas e mecânicas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 336-346, 2019.

REIS, S. M. et al. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 11-20, 2016.

RIBEIRO, M. C. et al. The brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how in the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, T. M. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, p. 1219-1226, 2011.

RITCHIE, G. A. et al. Assessing Plant Quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R.; HAASE, D. (Ed.). **Seedling Processing, Storage, and Outplanting**. v. 7. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010, cap. 2, p. 19–81.

ROBAINA, L. E. S. et al. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. cap. 2, p. 21-31.

RODRIGUES, R. R. et al. **Pacto pela restauração florestal da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. 3 ed. Ver. São Paulo: LERF, 2010.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, 2009.

ROJAS, A, Q. et al. Leaf acclimation strategies to contrasting light conditions in saplings of different shade tolerance in a tropical cloud forest. **Functional Plant Biology**. v. 45, n. 9, p. 968-982, 2018.

RONQUIM, C. C.; PRADO, C. H. B. A.; SOUZA, J. P. Irradiance availability and growth of leguminous trees of cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 117, p. 115-126, 2018.

RORATO, D. G. et al. Silvicultura com espécies florestais nativas mediante plantio de mudas: uma experiência em áreas ripárias no Sul do Brasil. In: **Produção de sementes e mudas um enfoque à Silvicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, cap. 17, p. 367-382, 2018.

RUSCHEL, A. R. et al. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 101-115, 2009.

SABBI, L. B. C. et al. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia - Série Botânica**, Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SABOGAL, C. et al. **Silvicultura na Amazônia Brasileira**: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas. Belém, PA: CIFOR, 2006. 190 p.

SALOMÃO, R. P.; BRIENZA JUNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014.

SANCHES, M. C. et al. Morpho-physiological responses in *Cedrela fissilis* Vell. submitted to changes in natural light conditions: implications for biomass accumulation. **Trees**, v. 31, p. 215–227, 2017.

SARZI, I. et al. Características biométricas de mudas de *Tabebuia chrysotricha* (standl.) formadas em diferentes substratos e soluções de fertirrigação, quando plantadas em campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 241-249, 2010.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 11, p. 2319-2331, 2015.

SCHMITZ, J. et al. The essential role of sugar metabolism in the acclimation response of *Arabidopsis thaliana* to high light intensities. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 6, p. 1619-1636, 2014.

SCHWARTZ, G. et al. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. Amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby: a financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **Forest Ecol. Manage.** v. 390, p. 166–172, 2017.

SCHWARTZ, G.; LOPES, J. C. A. Logging in the Brazilian Amazon forest: the challenges of reaching sustainable future cutting cycles. In: DANIELS, J. A. (Ed.). **Advances in environmental research**, New York, v. 36, p. 113-137, 2015.

SCREMIN-DIAS, E. et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2006. 59 p.

SEARLE, S. Y. Leaf respiration and alternative oxidase in field-grown alpine grasses respond to natural changes in temperature and light. **New Phytologist**, v. 189, p. 1027-1039, 2011.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Inventário Florestal Nacional: **principais resultados**: Rio Grande do Sul [recurso eletrônico] / Serviço Florestal Brasileiro. – Brasília, DF: MMA, 2018.

SILVA, B. M. et al. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1019-1026, 2007.

SILVA, R. F. et al. Crescimento e qualidade de mudas de Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 881–886, 2012.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Cernes**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 602-610, 2009.

SILVA-JUNIOR, V. et al. Landscape urbanization threatens plant phylogenetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest. **Urban Ecosyst**, v. 21 p. 625–634, 2018.

SOBRAL, M. et al. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul**. São Carlos: Rima/Novo Ambiente, 2006, 350 p.

SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período de 1995-2000**, 2002.

SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período de 2015-2016**, 2017.

SOUZA, G. M. et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Revista Acta Botânica Brasilica**. São Paulo, v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009.

STOLARSKI, O. C. et al. *Trema micrantha* (L.) Blume. em plantações para restauração ecológica: desenvolvimento inicial na floresta subtropical brasileira. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1217-1229, 2018.

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000, 20 p. (Circular Técnica, 37).

TABARELLI, M. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre, Brasil. Artmed, 2013. 720 p.

THIMIJJAN, R. W.; HEINS, D. Photometric, Radiometric, and Quantum Light Units of Measure: A Review of Procedures for Interconversion. **HortScience**, Alexandria, v. 18, p. 818-822, 1982.

TOMAZI, L. B. et al. Estudo etnobotânico das árvores medicinais do Parque Ecológico Municipal José Milanese, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 450-461, 2014.

TONETTO, T. da S. **Tecnologia de sementes e desenvolvimento de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes formas de manejo no viveiro e no campo**. 2014. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

TORRES NETTO, A. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p. 199–209, 2005.

TRENTIN B. E. et al. Restauração Florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.

TURCHETTO, F. **Intervenção Silvicultural e Aspectos Meteorológicos no Processo de Restauração no Sul do Brasil**. 2018. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza - RS**. Santa Maria: UFSM, 1997. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza - RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-18, 1999.

VALLADARES, F. et al. Photosynthesis responses to radiation. In: Flexas, J., Loreto, F., Medrano, H. (Eds.), **Terrestrial Photosynthesis in a Changing Environment: A Molecular, Physiological and Ecological Approach**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 221–232, 2012.

VALLADARES, F., NIINEMET, U. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 39, p. 237-257, 2008.

VALLONE, H. S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.1, p. 55-60, 2010.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 24, n. 68, p. 147-160, 2010.

WENDLING, I. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, p. 343-353, 2010.

WYDHAYAGARN, C.; ELLIOTT, S.; WANGPAKAPATTANAWONG, P. Bird communities and seedling recruitment in restoring seasonally dry forest using the framework species method in Northern Thailand. **New Forests**. 2009.

ZAVISTANOVICZ, T. C. **Espécies potenciais para plantio em área antropizada na região central do Rio Grande do Sul**. 2017. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

ZHU, H. et al. Effects of low light on photosynthetic properties, antioxidant enzyme activity, and anthocyanin accumulation in purple pak-choi (*Brassica campestris* ssp. *Chinensis* Makino). **PLOS ONE**, v. 12, p. 1-17, 2017.

ZIMMERMANN, A. P. L. et al. Morphological and physiological plasticity of saplings of *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. in different light conditions. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 43, p. 1-8, 2019.

ZOHURIAAN-MEHR, M. J.; KABIRI, K. Superabsorbent polymer materials: a review. Iran Polymer and Petrochemical Institute. **Iranian Polymer Journal**, v. 17, n. 6, p. 451-477, 2008.

APÊNDICES

Apêndice A - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Allophylus edulis*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
H	Tratamento	3	1121.6	373.88	1.4131	0.245968 ^{ns}
	Bloco	4	4849.1	1212.28	4.582	0.002364
	Resíduo	72	19049.5	264.58	-	-
DC	Tratamento	3	11.19	3.7301	3.2753	0.02587*
	Bloco	4	0.818	0.2046	0.1796	0.94824
	Resíduo	72	81.999	1.1389	-	-
IncH	Tratamento	3	1395.6	465.2	1.7324	0.167978 ^{ns}
	Bloco	4	3956.9	989.22	3.6839	0.008732
	Resíduo	72	19333.8	268.53	-	-
IncDC	Tratamento	3	15.169	5.0563	4.4567	0.00628*
	Bloco	4	1.78	0.4449	0.3922	0.81359
	Resíduo	72	81.686	1.1345	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice B - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Cordia americana*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
H	Tratamento	3	3481.1	1160.36	9.7135	0.0000184*
	Bloco	4	2901.2	725.31	6.0716	0.000288
	Resíduo	72	8601.1	119.46	-	-
DC	Tratamento	3	51.982	17.3274	5.5871	0.001676*
	Bloco	4	16.334	4.0835	1.3167	0.271975
	Resíduo	72	223.296	3.1013	-	-
IncH	Tratamento	3	2666	888.68	7.6988	0.00015671*
	Bloco	4	2185.3	546.32	4.7329	0.00190274
	Resíduo	72	8311	115.43	-	-
IncDC	Tratamento	3	39.927	13.3091	4.908	0.00369*
	Bloco	4	4.115	1.0289	0.3794	0.82264
	Resíduo	72	195.245	2.7117	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice C - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
H	Tratamento	3	1546.9	515.65	9.7945	0.0001695*
	Bloco	4	1072.6	268.16	5.0936	0.00113623
	Resíduo	72	3790.6	52.65	-	-
DC	Tratamento	3	7.952	2.6506	2.003	0.121163 ^{ns}
	Bloco	4	15.77	3.9425	2.9795	0.024629
	Resíduo	72	95.273	1.3232	-	-
IncH	Tratamento	3	1217.2	405.74	7.7444	0.0001491*
	Bloco	4	765.6	191.41	3.6534	0.009131
	Resíduo	72	3772.2	52.39	-	-
IncDC	Tratamento	3	4.647	1.549	0.9222	0.43457 ^{ns}
	Bloco	4	16.846	4.2116	2.5074	0.04938
	Resíduo	72	120.935	1.6796	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice D - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), incremento em altura (IncH) e incremento em diâmetro do coleto (IncDC) de plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
H	Tratamento	3	451	150.34	1.3051	0.279419 ^{ns}
	Bloco	4	1506.4	376.6	3.2692	0.016066
	Resíduo	72	8294.2	115.2	-	-
DC	Tratamento	3	32.87	10.9566	3.9283	0.01179 [*]
	Bloco	4	11.565	2.8913	1.0366	0.39439
	Resíduo	72	200.821	2.7892	-	-
IncH	Tratamento	3	442	147.33	1.2489	0.298457 ^{ns}
	Bloco	4	1744.8	436.21	3.6977	0.008556
	Resíduo	72	8493.6	117.97	-	-
IncDC	Tratamento	3	80.96	26.9868	7.1023	0.0003 [*]
	Bloco	4	4.62	1.1538	0.3036	0.87462
	Resíduo	72	273.58	3.7997	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice E - Índices médios de clorofila *a*, *b* (ICF), clorofila total (*a* + *b*) e relação clorofila *a/b*, em plantas de *A. edulis*, *C. americana*, *E. involucreta* e *P. cattleianum* em diferentes níveis de sombreamento

Clorofila <i>a</i>																
<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucreta</i>				<i>P. cattleianum</i>				
Sombreamento	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
S1	27,93a	34,10a	28,47a	33,08a	29,13a	31,60a	23,73a	28,07a	27,58a	38,25a	36,20a	38,57a	34,95a	36,72a	33,20b	41,20a
S2	27,67a	30,32a	18,75a	26,82a	21,28a	28,38a	28,90a	24,10a	29,88a	36,77a	37,12a	34,10a	34,28a	37,53a	39,15a	39,20a
S3	21,63a	25,38a	26,13a	28,42a	26,50a	28,97a	25,65a	20,23a	33,23a	35,65a	26,08b	32,57a	31,38a	37,92a	39,8a	35,55a
S4	18,67a	27,35a	23,03a	29,38a	18,48a	26,87a	23,32a	19,23a	24,52a	25,45b	28,68ab	24,35a	32,32a	37,48a	36,83ab	38,22a
CV(%)	23,69	18,30	29,96	17,19	17,55	7,88	9,50	15,81	22,30	9,44	10,55	15,82	7,08	6,84	4,85	12,39
Clorofila <i>b</i>																
<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucreta</i>				<i>P. cattleianum</i>				
Sombreamento	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
S1	6,72a	13,82a	7,27a	8,60a	9,13a	9,62a	7,68a	6,85a	10,05a	18,18a	15,62a	13,88a	13,05a	17,47a	11,38c	17,23a
S2	7,67a	9,12a	4,63a	6,78a	5,03ab	7,92a	8,52a	6,50a	10,96a	13,82a	14,70ab	10,28a	11,53a	16,87a	19,62b	16,33a
S3	4,55a	7,43a	7,63a	8,45a	6,60ab	8,13a	5,50a	3,45a	10,50a	11,32ab	5,42b	9,53a	9,95a	16,38a	26,70a	15,12a
S4	3,78a	6,73a	5,83a	6,75a	3,47b	7,20a	5,22a	3,37a	4,95a	4,67b	6,03ab	4,87a	10,10a	14,10a	21,02b	13,93a
CV(%)	50,16	39,89	62,43	41,57	30,49	17,06	23,14	30,88	40,05	26,80	34,10	42,71	19,75	48,44	8,49	50,17
Clorofila Total (<i>a</i> + <i>b</i>)																
<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucreta</i>				<i>P. cattleianum</i>				
Sombreamento	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
S1	34,65a	47,92a	35,73a	41,68a	38,27a	41,22a	31,42a	34,92a	37,63a	56,43a	51,82a	52,45a	48,00a	54,18a	49,28c	58,43a
S2	35,33a	39,43a	23,38a	33,60a	26,32ab	36,30a	37,42a	30,60a	40,85a	50,58a	51,82a	44,38a	45,82a	54,40a	58,77b	55,53a
S3	26,18a	38,82a	33,77a	36,87a	33,10ab	37,10a	31,15a	23,68a	43,73a	46,97a	34,72ab	42,10a	41,33a	50,95a	66,50a	50,67a
S4	22,45a	34,08a	28,87a	36,13a	21,95b	34,07a	28,53a	22,60a	29,46a	30,12b	31,50b	29,22a	42,42a	48,25a	57,85b	52,15a
CV(%)	28,69	21,77	35,73	21,52	18,68	9,54	10,95	17,76	26,43	12,21	14,68	21,42	10,05	24,56	2,75	22,94
Relação Chla/Chlb																
<i>A. edulis</i>				<i>C. americana</i>				<i>E. involucreta</i>				<i>P. cattleianum</i>				
Sombreamento	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
S1	4,33a	2,72a	4,82a	3,91a	3,40b	3,31a	3,28a	4,14a	3,84a	2,17a	2,87b	2,86a	2,74a	2,26a*	3,29a	2,63a
S2	4,08a	3,63a	3,81a	4,05a	4,30ab	3,69a	3,57a	4,00a	4,13a	2,72a	2,64b	3,55a	3,03a	2,33a*	2,00b	2,55a
S3	4,80a	3,66a	3,79a	4,17a	4,05ab	3,62a	4,95a	5,89a	3,48a	3,24a	4,30a	3,80a	3,21a	2,83a*	1,49c	2,92a
S4	4,97a	4,09a	4,21a	4,37a	5,46a	3,74a	4,57a	5,87a	5,02a	6,61a	4,80a	5,03a	3,20a	2,94a*	1,75bc	2,83a
CV(%)	20,11	25,41	32,23	23,38	12,42	11,53	19,87	17,52	13,31	56,28	10,82	27,00	11,73	27,62*	6,51	37,68

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice F - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a* (Chla), teor de clorofila *b* (Chlb), clorofila total, relação clorofila Chla/Chlb e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Allophylus edulis*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Chla	Tratamento	3	63.616	21.205	0.8289	0.52452 ^{ns}
	Bloco	2	64.115	32.058	1.2532	0.35093
	Resíduo	6	153.487	25.581	-	-
Chlb	Tratamento	3	9.311	3.1035	0.3072	0.81981 ^{ns}
	Bloco	2	31.038	15.519	1.5359	0.28931
	Resíduo	6	60.624	10.104	-	-
Clorofila Total	Tratamento	3	102.73	34.242	0.5381	0.67337 ^{ns}
	Bloco	2	181.67	90.835	1.4273	0.31113
	Resíduo	6	381.84	63.64	-	-
Relação Chla/Chlb	Tratamento	3	0.3462	0.11539	0.124	0.9425 ^{ns}
	Bloco	2	1.8041	0.90203	0.9696	0.43164
	Resíduo	6	5.5818	0.9303	-	-
Fv/Fm	Tratamento	3	0.02142	0.00714	1.8869	0.23279 ^{ns}
	Bloco	2	0.01274	0.00637	1.6838	0.26277
	Resíduo	6	0.0227	0.00378	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice G - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a* (Chla), teor de clorofila *b* (Chlb), clorofila total, relação clorofila Chla/Chlb, e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Cordia americana*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Chla	Tratamento	3	146.069	48.69	3.7104	0.080615 ^{ns}
	Bloco	2	88.14	44.07	3.3584	0.105032
	Resíduo	6	78.735	13.122	-	-
Chlb	Tratamento	3	32.208	10.7358	4.4302	0.057592 ^{ns}
	Bloco	2	10.052	5.0258	2.0739	0.206695
	Resíduo	6	14.54	2.4233	-	-
Clorofila Total	Tratamento	3	307.15	102.384	4.1562	0.065177 ^{ns}
	Bloco	2	157.69	78.844	3.2006	0.113255
	Resíduo	6	147.8	24.634	-	-
Relação Chla/Chlb	Tratamento	3	9.822	3.274	4.3034	0.06095 ^{ns}
	Bloco	2	0.709	0.3545	0.466	0.64846
	Resíduo	6	4.5648	0.7608	-	-
Fv/Fm	Tratamento	3	0.07923	0.02641	1.4903	0.30941 ^{ns}
	Bloco	2	0.05646	0.02823	1.593	0.27866
	Resíduo	6	0.10633	0.01772	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice H - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a*, teor de clorofila *b*, clorofila total, relação clorofila *a/b* e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Chla	Tratamento	3	317.24	105.75	4.0239	0.069315 ^{ns}
	Bloco	2	89.15	44.573	1.6961	0.260708
	Resíduo	6	157.68	26.28	-	-
Chlb	Tratamento	3	123.648	41.216	2.4301	0.16335 ^{ns}
	Bloco	2	11.675	5.838	0.3442	0.72192
	Resíduo	6	101.761	16.96	-	-
Clorofila Total	Tratamento	3	834.9	278.3	3.4334	0.09272 ^{ns}
	Bloco	2	160.68	80.338	0.9911	0.4247
	Resíduo	6	486.35	81.058	-	-
Relação Chla/Chlb	Tratamento	3	7.3745	2.4582	2.3184	0.17516 ^{ns}
	Bloco	2	0.066	0.033	0.0311	0.96951
	Resíduo	6	6.3617	1.0603	-	-
Fv/Fm	Tratamento	3	0.09411	0.0314	4.0409	0.068765 ^{ns}
	Bloco	2	0.05814	0.0291	3.7444	0.08801
	Resíduo	6	0.04658	0.0078	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

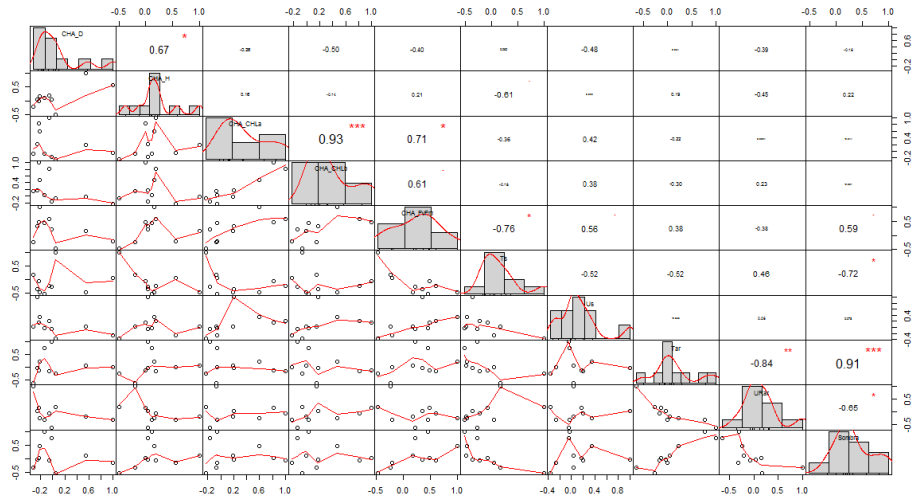
Apêndice I - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para teor de clorofila *a*, teor de clorofila *b*, clorofila total, relação clorofila *a/b* e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano do plantio

Variável	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Chla	Tratamento	3	49.668	16.556	0.7263	0.57243 ^{ns}
	Bloco	2	13.528	6.764	0.2967	0.75354
	Resíduo	6	136.764	22.794	-	-
Chlb	Tratamento	3	18.62	6.205	0.1006	0.95673 ^{ns}
	Bloco	2	25.21	12.603	0.2043	0.82064
	Resíduo	6	370.07	61.679	-	-
Clorofila Total	Tratamento	3	109.16	36.386	0.2354	0.86869 ^{ns}
	Bloco	2	63.65	31.825	0.2059	0.81945
	Resíduo	6	927.49	154.582	-	-
Relação Chla/Chlb	Tratamento	3	0.2764	0.09214	0.0869	0.96464 ^{ns}
	Bloco	2	0.1044	0.05219	0.0492	0.95234
	Resíduo	6	6.3603	1.06005	-	-
Fv/Fm	Tratamento	3	0.0308	0.01027	1.0103	0.45089 ^{ns}
	Bloco	2	0.0055	0.00275	0.2704	0.7719
	Resíduo	6	0.06098	0.01016	-	-

SQ: soma de quadrados; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; Fc: Fcalculado; Pr>Fc: estatística F; ns: não significativo em 5% de probabilidade de erro; *: significativo em 5% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2020).

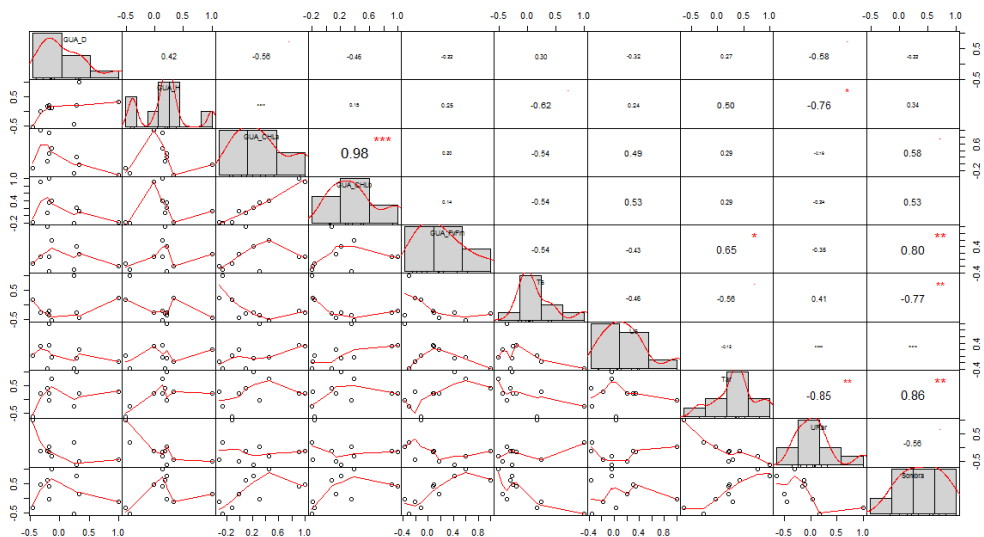
Apêndice J - Matriz de correlação de Pearson (r) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Allophylus edulis*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $P < 0,001$; CHA_D = diâmetro do coleto; CHA_H = altura; CHA_CHLa = clorofila a; CHA_CHLb = clorofila b; CHA_FvFm = rendimento quântico do fotossistema II; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; Tar = temperatura do ar; URar = umidade relativa do ar e Sombra = sombreamento.

Fonte: O autor (2020).

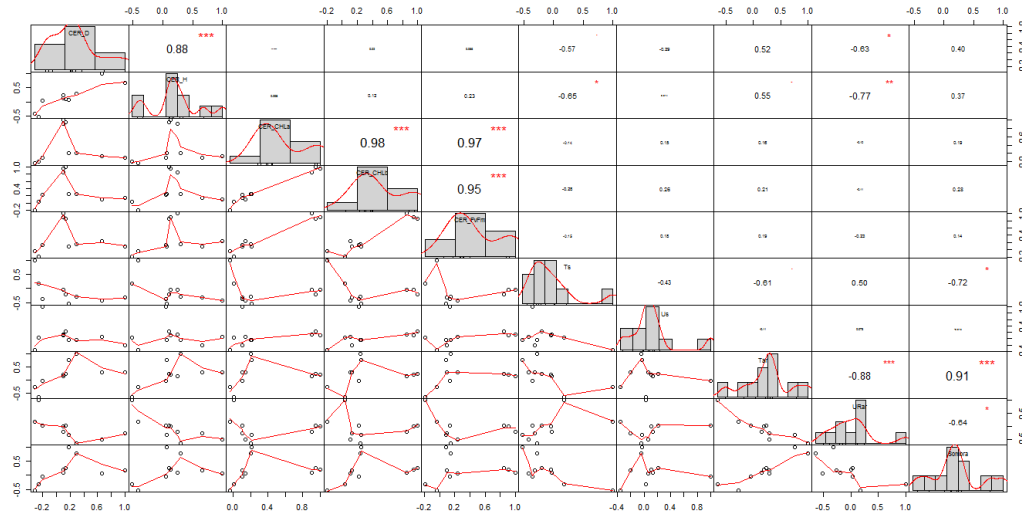
Apêndice K - Matriz de correlação de Pearson (r) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Cordia americana*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $P < 0,001$; GUA_D = diâmetro do coleto; GUA_H = altura; GUA_CHLa = clorofila a; GUA_CHLb = clorofila b; GUA_FvFm = rendimento quântico do fotossistema II; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; Tar = temperatura do ar; URar = umidade relativa do ar e Sombra = sombreamento.

Fonte: O autor (2020).

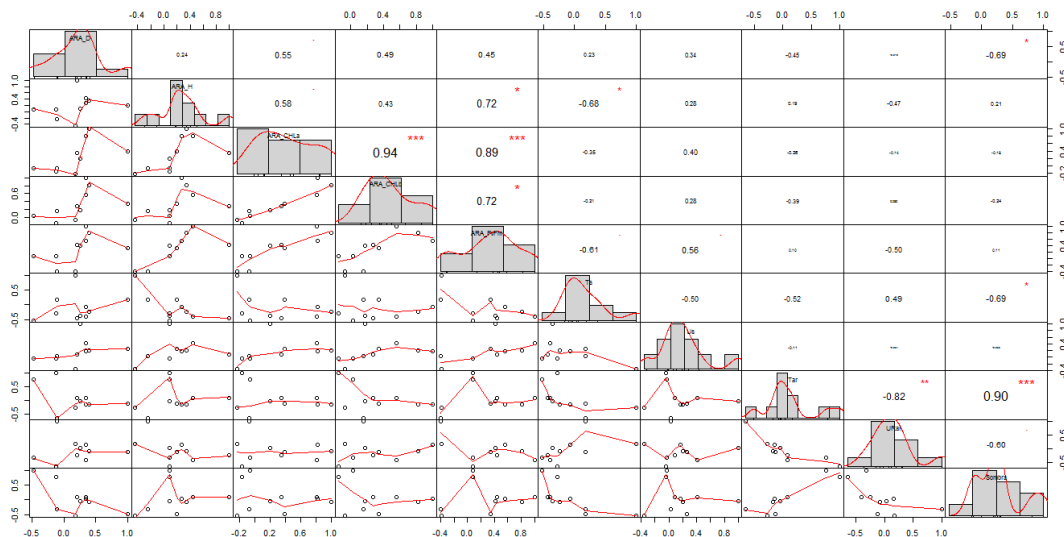
Apêndice L - Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Eugenia involucrata*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $P < 0,001$; CER_D = diâmetro do coleto; CER_H = altura; CER_CHLa = clorofila a; CER_CHLb = clorofila b; CER_FvFm = rendimento quântico do fotossistema II; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; Tar = temperatura do ar; URar = umidade relativa do ar e Sombra = sombreamento.

Fonte: O autor (2020).

Apêndice M - Matriz de correlação de Pearson (r) dos atributos morfológicos, fisiológicos e ambientais das plantas de *Psidium cattleianum*, após um ano de plantio, experimento I, no PEQC, Agudo, RS



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $P < 0,001$; ARA_D = diâmetro do coleto; ARA_H = altura; ARA_CHLa = clorofila a; ARA_CHLb = clorofila b; ARA_FvFm = rendimento quântico do fotossistema II; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; Tar = temperatura do ar; URar = umidade relativa do ar e Sombra = sombreamento.

Fonte: O autor (2020).