

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

Felipe Manzoni Barbosa

**POTENCIAL SILVICULTURAL DE *Myracrodruon balansae* (Engler) D.
A. Santin: ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NO SUL DO BRASIL**

Santa Maria, RS
2019

Felipe Manzoni Barbosa

**POTENCIAL SILVICULTURAL DE *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin:
ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NO SUL DO BRASIL**

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
2019

Barbosa, Felipe Manzoni
POTENCIAL SILVICULTURAL DE *Myracrodruon balansae*
(Engler) D. A. Santin: ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NO
SUL DO BRASIL / Felipe Manzoni Barbosa.- 2019.
99 p.; 30 cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo
Coorientador: Frederico Dimas Fleig
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2019

1. Silvicultura 2. Produção de Mudas 3. Plantio 4.
Perigo de Extinção 5. Pau-ferro-do-sul I. Machado Araujo,
Maristela II. Fleig, Frederico Dimas 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.

©2019

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


E-mail: felipemanzonibarbosa@hotmail.com

Felipe Manzoni Barbosa

**POTENCIAL SILVICULTURAL DE *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin.:
ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NO SUL DO BRASIL**

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 01 de Março de 2019



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



Marcelo Carlos Navroski, Dr. (UDESC)



Viviane Dal-Souto Frescura, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

*Dedico este trabalho ao meu querido avô
Tamarino da Luz Barbosa (In memoriam),
exemplo de homem trabalhador, honesto e
dedicado.*

AGRADECIMENTOS

Ao universo e a energia que mantém este plano em equilíbrio, ao menos nos últimos 70 mil anos, permitindo com que chegássemos até aqui para buscar compreender uma pequena parte desse complexo organismo chamado planeta terra e suas interações biológicas.

Aos cientistas e pesquisadores que dedicaram suas vidas ao estudo das ciências florestais e da natureza, construindo uma base sólida para novos pesquisadores, bem como inspirando a busca pelo conhecimento.

Aos meus pais, Mari Cleide Manzoni Barbosa e Jorge Antonio Gomes Barbosa, por toda a educação, amor, exemplo, dedicação e confiança, essa conquista também os pertence. Ao meu querido irmão Murilo, um grande companheiro que admiro muito. Ao meu avô Alvinho Manzoni pelo exemplo e avós Elvina Manzoni e Altair Barbosa pelo exemplo, orações e apoio bem como aos meus tios, tias e primos pelo apoio constante. A minha companheira e namorada Pamela Carvalho pelo amor, apoio e compreensão, a minha sogra Eneida Carvalho e Ubirajara Azevedo pela incrível presença e apoio nesses últimos dias.

À minha orientadora, prof^a. Maristela Machado Araujo, pela amizade, oportunidade, apoio, conselhos, puxões de orelha e ensinamentos que levarei para a vida.

Agradeço ao meu coorientador Frederico Fleig e ao professor Fabiano Fortes pela troca de saberes e conversas sobre as ciências florestais.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, em especial aos professores pelos ensinamentos e formação profissional. Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro, fundamental para a realização dessa pesquisa.

Aos membros da banca de defesa professores Marcio Carlos Navroski e Viviane Dal-Souto Frescura, que aceitaram avaliar este trabalho contribuindo para a melhoria do mesmo.

Aos senhores Volésio Martins, Alvinho Manzoni e Felício Gomes pela concessão das áreas para coleta dos diásporos. Ao meu tio José Gilnei Manara Manzoni pela concessão da área experimental e apoio nas atividades.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal: André B., Claudia C., Isadora C., Gabriel M., Guilherme O., Júlia S., Luis de P., Luiza S., Marllós S., Marina S., Maurício S. e Vanessa O. Agradeço aos técnicos Élio Campanhol e Gervásio Mário pelo apoio logístico nos experimentos. Aos demais amigos e colegas que passaram por lá, obrigado pelo apoio de todos. Agradeço especialmente a amiga Suelen Aimi por não medir esforços em ajudar com as atividades da minha pesquisa e pela amizade. Aos amigos Álvaro

Berghetti, Daniele Rorato, Felipe Turchetto e Rafael Callegaro pelas conversas, pelos momentos de descontração, conselhos e apoio nas atividades de pesquisa.

As queridas amigas Adriana Griebeler e Luciana Nhantumbo pela amizade, conversas e apoio mútuo durante os dois anos de mestrado.

Agradeço aos amigos Ezequiel Gasparin e Pierre Bellé pela constante presença, apoio nas pesquisas, churrascos e pela grande amizade nesses últimos anos. Ao amigo Vinícius Fantinel pelo auxílio na quantificação dos fungos.

Agradeço do fundo do coração à todos os meus amigos, que de alguma forma colaboraram para esse trabalho, obrigado pela amizade. Enfim agradeço à todos que fizeram parte dessa caminhada.

Muito Obrigado!!!

“A descobrir fatos novos e isolados eu preferia ligar fatos já sabidos. [...] Nesta grande sequência de causa e efeito, nada pode ser considerado isolado.”

Alexander von Humboldt

“Fui a floresta porque queria viver deliberadamente, encarar apenas os fatos essenciais da vida, e ver se eu poderia aprender, e não, quando vier a morrer, descobrir que nunca vivi”.

Henry David Thoreau

RESUMO

POTENCIAL SILVICULTURAL DE *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin: ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NO SUL DO BRASIL

AUTOR: Felipe Manzoni Barbosa
ORIENTADORA: Dra. Maristela Machado Araujo

Myracrodruon balansae (Engler) D. A. Santin (Pau-ferro-do-sul) pertence à família Anacardiaceae e é nativa do sul do Brasil. Possui madeira densa ($1,1$ a $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$) empregada em construções rurais, lenha, além de ser fonte de extrativos e utilizada na medicina popular. A espécie foi amplamente explorada e, atualmente está descrita na categoria em perigo de extinção. Apesar dos usos e atual status de conservação, existem poucos estudos sobre tecnologia de sementes, produção de mudas no viveiro e crescimento no campo. Neste sentido, essa pesquisa foi dividida em três Capítulos, no Capítulo I foi realizada a caracterização inicial da germinação, substratos e avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária dos diásporos armazenados em diferentes ambientes. O lote de diásporos foi coletado no município de Unistalda, RS e avaliado quanto ao peso de mil sementes, grau de umidade, teste de germinação e sanidade. Os diásporos armazenados em geladeira com grau de umidade de 10% tiveram seu maior potencial de armazenamento, por 18 meses, com perda de 20% do potencial germinativo inicial. No teste de sanidade os principais gêneros de fungos encontrados nos diásporos foram *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. No Capítulo II foi avaliado o efeito de substratos e fontes de fertilizantes nas características morfológicas e fisiológicas de mudas de *M. balansae*. Para isso, foram formulados quatro substratos com proporções de casca de arroz carbonizada (CAC) e turfa do tipo *Sphagnum* e quatro fertilizantes. Os atributos morfológicos avaliados foram: altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), comprimento radicular (CR) e área foliar (AF) e os atributos fisiológicos: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m). A espécie é responsiva às fontes de fertilizantes, recomenda-se o uso de 60% de turfa de *Sphagnum* acrescido de 40% de CAC e fertilizante de liberação controlada (FLC), 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O), para produção de mudas com qualidade morfológica e fisiológica. O Capítulo III teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de *M. balansae* sob diferentes doses de nitrogênio e a resiliência à ocorrência de geadas na fase inicial de plantio. Os tratamentos utilizados foram 0, 50, 100, 200 kg de ureia ha⁻¹ com cerca de 45% de nitrogênio. Aos 180 dias após o plantio foi avaliada a sobrevivência, H e DC e as variáveis fisiológicas F_o , F_m , F_v/F_m rendimento quântico, teor de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. A sobrevivência foi de 98% e o crescimento em altura e diâmetro do coleto, aos 180 dias após o plantio, foi de 107,0 cm e 15,26 mm, respectivamente, com o uso de cerca de 50 kg de ureia ha⁻¹. Aos 270 dias após o plantio as plantas foram danificadas pela geada, sendo verificados a resiliência, H, DC, número e comprimento de brotos. A espécie demonstra ser sensível a geada, porém apresenta resiliência, por meio de brotação satisfatória no primeiro ano de plantio, quando realizada adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Pau-ferro-do-sul. Risco de extinção. Tecnologia de sementes. Substratos. Doses de nitrogênio.

ABSTRACT

SILVICULTURAL POTENTIAL OF *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. SANTIN: AN ENDANGERED SPECIE IN SOUTH BRAZIL

AUTHOR: Felipe Manzoni Barbosa

ADVISOR: Dra. Maristela Machado Araujo

Myracrodruon balansae (Engler) D. A. Santin (pau-ferro-do-sul) belongs to the Anacardiaceae family and is a south Brazil native plant. It has a hard wood (1.1 to 1.25 g.cm⁻³) generally applied in rural constructions, firewood, in addition to being a source of extractives and used in folk medicine. In consequence of the past harvest, process the specie has described in the endangered category. Despite the uses and status of conservation, there are few studies on seed technology, seedling production in the nursery and growth in the field. In this sense, this research were divided in three chapters, in Chapter I was carried out the initial characterization of the germination, substrates and evaluation of the physical, physiological and sanitary quality of the diaspores stored in different environments. The batch of diaspores were collected in the city of Unistalda, RS and evaluated for the weight of one thousand seeds, moisture level, germination test and sanity. The diaspores stored in a refrigerator with a moisture content of 10% had their greatest potential for storage for 18 months, with a loss of 20% of the initial germinative potential. In the sanity test the main genus of fungi found in the diaspores were *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. In Chapter II the effect of substrates and fertilizer sources on the morphological and physiological characteristics of *M. balansae* seedlings was evaluated. For this, four substrates with carbonized rice husk (CAC) and Sphagnum type peat and four fertilizers were formulated. The morphological attributes evaluated were: height (H), collection diameter (DC), H / DC ratio, aerial dry matter (MSA), root dry matter (MSR), total dry matter IQD), root length (CR) and leaf area (AF) and physiological attributes: initial fluorescence (Fo), maximum fluorescence (Fm) and maximum photochemical efficiency of photosystem II (F_v/F_m). The species is responsive to fertilizer sources, the use of 60% of Sphagnum peat plus 40% of CAC and controlled release fertilizer (FLC), 05.05.09 (N-P2O5-K2O), we recommend for production of seedlings with morphological and physiological quality. Chapter III had the objective of evaluating the initial growth and development of *M. balansae* under different nitrogen rates and the resilience to the occurrence of frost in the initial phase of planting. The treatments used were 0, 50, 100, 200 kg of urea ha⁻¹ with about 45% nitrogen. At 180 days after planting the survival, H and DC and the physiological variables Fo, Fm, F_v/F_m, quantum yield, chlorophyll a, chlorophyll a and carotenoids were evaluated. The survival time was 98% and the growth in height and diameter of the collection at 180 days after planting was 107.0 cm and 15.26 mm, respectively, with the use of about 50 kg of ha⁻¹ urea . At 270 days after planting the plants were damaged by frost, being verified the resilience, H, DC, number and length of shoots. The species shows to be sensitive to frost, but it presents resilience, by means of satisfactory budding in the first year of planting, when nitrogen fertilization was carried out.

Keywords: Pau-ferro-do-sul. Endangered. Seeds technology. Substrate. Nitrogen dosis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - (A) Porcentagem de germinação, (B) índice de velocidade de germinação (IVG) e (C) diásporos mortos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin acondicionadas em três ambientes por 18 meses.....42
- Figura 2 - Aspecto geral das mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin produzidas com quatro formulações de substrato e tipos de fertilizantes aos 130 dias após a semeadura.....53
- Figura 3 - Efeito de diferentes substratos e tipos de fertilizantes nos parâmetros morfológicos comprimento radicular, área foliar e relação H/DC de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 130 dias após a semeadura.....55
- Figura 4 - Efeito do substrato e fertilizante nos parâmetros fisiológicos fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 130 dias após a semeadura.....56
- Figura 5 - Mapa das estações meteorológicas e experimento com plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin na micro bacia do arroio da Porteirinha, Unistalda, RS64
- Figura 6 - Temperaturas mínimas diárias (°C) registradas entre março e setembro de 2018, Santiago, RS66
- Figura 7 - Atributos morfológicos altura (A) e diâmetro do coleto (B) de plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 90, 180, 270, 360 e 450 dias após o plantio submetidas a 0, 50, 100 e 200 kg de ureia.ha⁻¹, Unistalda, RS68
- Figura 8 - Número de brotos de plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin submetidas a diferentes doses de ureia 180 dias após a ocorrência de geada (450 dias após o plantio), Unistalda, RS.....70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Grau de umidade, peso de mil sementes e número de diásporos por quilograma do lote de diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin 38
- Tabela 2 - Percentagem de Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e diásporos mortos (DM) de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em diferentes substratos, Santa Maria, RS 39
- Tabela 3 - Grau de umidade de diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, acondicionados em diferentes ambientes por 18 meses 41
- Tabela 4 - Incidência dos principais fungos encontrados nos diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante os testes de sanidade acondicionadas em três ambientes por 18 meses 44
- Tabela 5 - Descrição dos tratamentos utilizados na produção de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin. em casa de vegetação no Viveiro Florestal, Santa Maria, RS 49
- Tabela 6 - Características físicas do substratos utilizados para a produção de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin., em casa de vegetação, Santa Maria, RS 51
- Tabela 7 - Atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin., produzidas em diferentes substratos e fertilizantes, em casa de vegetação, Santa Maria, RS 54
- Tabela 8 - Escala de avaliação de danos causados pela geada em plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin sob doses de nitrogênio, Unistalda, RS 67
- Tabela 9 - Atributos fisiológicos da fluorescência da clorofila *a* de plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin cultivadas com diferentes doses do nitrogênio, aos 180 dias após o plantio 69
- Tabela 10 - Matriz de correção de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, aos 180 dias após o plantio, com doses de nitrogênio, Unistalda, RS 69

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Coleta de frutos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, realizada com podão e lona em março de 2016. Unistalda, RS..... 91
- APÊNDICE B - Localização das árvores matrizes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin utilizadas para coleta de sementes no Município de Unistalda, RS.. 91
- APÊNDICE C - Diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, Laboratório de Silvicultura, UFSM 92
- APÊNDICE D – (i) Plântulas normais de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em substrato areia utilizado no teste de germinação; (ii) Teste de sanidade em diásporos 92
- APÊNDICE E - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para percentual de germinação (PG), diásporos mortos (DM), índice velocidade de germinação (IVG) para a caracterização inicial do lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em diferentes substratos 92
- APÊNDICE F - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para percentual de germinação (PG), diásporos mortos (DM), índice velocidade de germinação (IVG) para a caracterização do lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante 18 meses de armazenamento em três ambientes..... 93
- APÊNDICE G - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para incidência de fungos no lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante três períodos (tempo) em três ambientes de armazenamento (ambiente) 93
- APÊNDICE H - Resultado da Análise de Variância (f calculado) das mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin para os atributos morfofisiológicos aos 130 dias após a semeadura 93
- APÊNDICE I - Atributos químicos do solo na camada 0,0-0,20 metros da área de plantio, Unistalda, RS..... 94
- APÊNDICE J - Registro de geadas e intensidade nos meses de junho e julho de 2018, nas estações meteorológicas próximas ao plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin 94
- APÊNDICE K - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para os atributos fisiológicos, de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 180 dias após o plantio..... 95
- APÊNDICE L - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para o número de brotos aos 450 dias do plantio de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin..... 95

APÊNDICE M - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para os atributos morfológicos altura e diâmetro do coleto aos 90,180,270,360 e 450 dias após o plantio de mudas de <i>Myracrodruon balansae</i> (Engler) D. A. Santin	96
APÊNDICE N - Danos causados por geada aos 270 dias após o plantio de <i>Myracrodruon balansae</i> (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada	97
APÊNDICE O - Danos causados por geada aos 360 dias após o plantio de <i>Myracrodruon balansae</i> (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada	98
APÊNDICE P - Resiliência à geada aos 450 dias após o plantio de <i>Myracrodruon balansae</i> (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada	99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	19
2.2 IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS COM ESPÉCIES AMEAÇADAS.....	19
2.3 ANÁLISE DE SEMENTES	20
2.3.1. Análise física.....	20
2.3.2 Análise fisiológica	21
2.3.3 Análise sanitária	22
2.3.4 Substratos para teste de germinação	23
2.3.5 Armazenamento de sementes	23
2.4 PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO	24
2.4.1 Substratos para uso em viveiro	24
2.4.2 Fertilização de substrato	26
2.5 PLANTIO DE MUDAS NO CAMPO	27
2.5.1 Fertilização em plantios florestais.....	27
2.6 FATORES MORFOFISIOLÓGICOS NA QUALIDADE DE MUDAS EM VIVEIRO E NO CAMPO	28
3 CAPÍTULO I - ARMAZENAMENTO DE DIÁSPOROS DE <i>Myracrodruon balansae</i> (ENGLER) D. A. SANTIN: IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA	31
3.1 INTRODUÇÃO.....	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.2.1 Coleta dos frutos, armazenamento e local de pesquisa	34
3.2.2 Qualidade fisiológica inicial dos diásporos.....	34
3.2.3 Peso de mil sementes e grau de umidade.....	35
3.2.4 Teste de germinação	35
3.2.5 Teste de sanidade	36
3.2.6 Qualidade fisiológica e armazenamento de diásporos	36
3.2.7 Análise dos dados.....	37
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.3.1 Caracterização inicial do lote	37
3.3.2 Características fisiológicas e sanitárias dos diásporos durante o armazenamento	40
3.4 CONCLUSÃO.....	45

4 CAPÍTULO 2 - SUBSTRATOS E FERTILIZANTES INFLUENCIAM NO TEMPO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Myracrodruon balansae</i> (ENGLER) D. A. SANTIN: UMA ESPÉCIE AMEAÇADA NO SUL DO BRASIL	46
4.1 INTRODUÇÃO.....	47
4.3 RESULTADOS	51
4.3.1 Análise das características físicas e químicas dos substratos	51
4.3.2 Atributos morfológicos e biomassa	52
4.3.3 Atributos fisiológicos Fo, Fm e relação Fv/Fm	56
4.4 DISCUSSÃO.....	57
4.5 CONCLUSÃO.....	60
5 CAPÍTULO 3 - DOSES DE NITROGÊNIO E OCORRÊNCIA DE GEADAS INFLUENCIAM O DESENVOLVIMENTO INICIAL NO CAMPO DE PLANTAS DE <i>Myracrodruon balansae</i> (ENGLER). D A. SANTIN?.....	61
5.1 INTRODUÇÃO.....	62
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
5.3 RESULTADOS	67
5.4 DISCUSSÃO	71
5.5 CONCLUSÕES	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICES	91

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estimativas relatam que na flora arbórea do Brasil existam cerca de 33.279 espécies (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2019), distribuídas em cinco biomas, o que corresponde a 15% da flora mundial (GIULIETTI et al., 2009). Nessas áreas muitas espécies são consideradas endêmicas ou ocorrem em pequenos remanescentes, nos quais, devido a pressão antrópica, muitas apresentam algum grau de vulnerabilidade à extinção (BRANCALION et al., 2012; MARTINELLI; MORAES, 2013).

Dentre os fatores responsáveis pela extinção de espécies está a destruição de habitat, a introdução de espécies exóticas, mudanças climáticas e a conversão de ecossistemas em áreas de produção (BAILLIE et al., 2004; THOMAS et al., 2004). Nesse sentido, espécies em risco de extinção que ocorrem em remanescentes reduzidos e regiões com perda constante de habitat, devem ser priorizadas em programas de conservação da flora (GIULIETTI et al., 2009; MYERS et al., 2000).

O uso de unidades de conservação é uma técnica reconhecida internacionalmente para a conservação da flora (UNEP-WCMC, 2008). A conservação de espécies pouco estudadas ou com ocorrência regional restrita pode ser realizada por meio de plantios para a reintrodução na natureza (HOLL; AIDE, 2011; RORATO et al., 2018a) ou pela conservação genética em bancos de germoplasma (SILVA et al., 2007). Porém, a aplicação dessas técnicas é inviável sem informações sobre o potencial silvicultural de cada espécie, visando a garantia da qualidade de lotes de sementes (OLIVEIRA et al., 2018) e mudas, bem como técnicas adequadas de plantio para cada região. Assim, lacunas relacionadas à tecnologia de sementes, produção de mudas em viveiro e condução de plantio de espécies florestais nativas (AIMI et al., 2016a; HOFFMANN et al., 2015), podem ser uma barreira para programas de conservação.

Com o intuito de avançar no conhecimento da silvicultura de espécies arbóreas nativas algumas pesquisas já foram realizadas buscando caracterizar a qualidade de lotes de sementes, bem como adequar técnicas para melhorar o desempenho em testes de germinação e armazenamento (GASPARIN et al., 2012, 2013; GOMES et al., 2016; HOFFMANN et al., 2015). O direcionamento para essas pesquisas, deve-se ao fato que apenas algumas espécies nativas estão descritas na Regras para Análise de Sementes e nas Instruções para a Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2009a, 2013).

Algumas pesquisas relacionadas a produção de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro, visando qualidade e custo de produção, bem como a sobrevivência e crescimento no

campo também já foram realizadas (AIMI et al., 2016b; MARCUZZO; ARAUJO; GASPARIN, 2015; MEZZOMO et al., 2017), ampliando o conhecimento da silvicultura dessas espécies. No entanto, apesar dos esforços ainda existem muitas espécies com potencial ecológico e econômico que ainda não foram estudadas e possuem poucas informações para usos futuros.

Entre essas espécies está *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin que possui ocorrência no sul do Paraguai, nordeste da Argentina e no Brasil está restrita ao noroeste do estado do Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2008). Além de ser utilizada na medicina popular, destaca-se na produção de lenha de boa qualidade com poder calorífico de 4.500 kcal/kg e densidade de 1,1 a 1,25 g.cm³, sendo indicada para postes e mourões com alta durabilidade, devido ao elevado teor de extrativos (CARVALHO, 2008; MOGLIA; GIMENEZ, 1995). *M. balansae* foi amplamente explorada na segunda metade do séc. XX (LONGHI, 1987) e vem sofrendo acelerada erosão genética (CARVALHO, 2008), além disso, está descrita na categoria em perigo de extinção no livro vermelho da flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Devido a atual situação da espécie e a falta de informações que possam suprir lacunas sobre a produção e armazenamento de diásporos, bem como a produção de mudas e plantio no campo para potenciais usos futuros, essa pesquisa teve como objetivo geral avaliar o potencial silvicultural de *M. balansae* para condução de plantios em sua área de ocorrência natural. Para isso, a dissertação foi organizada de acordo com os objetivos específicos e dividida nos três capítulos a seguir:

- Capítulo I – Avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de diásporos de *M. balansae* em diferentes ambientes de armazenamento.
- Capítulo II – Determinar o efeito de substratos e fontes de fertilizantes na produção de mudas de *M. balansae* em viveiro.
- Capítulo III - Avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de *M. balansae* sob diferentes doses de nitrogênio, assim como a resiliência às geadas, na fase inicial de plantio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

A espécie *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, é popularmente conhecida como aroeirão, maracanã, pau-ferro-do-sul e urunday. Pertencente à família Anacardiaceae, possui porte médio de 25,0 m de altura e 140,0 cm de diâmetro a altura do peito (DAP, medido a 1,30 m do solo) na idade adulta (CARVALHO, 2008).

M. balansae possui folhas compostas, alternas e imparipinadas, flores agrupadas no tirso terminal ou panícula lateral, com floração de agosto a janeiro e polinização feita por abelhas (CARVALHO, 2008). Conforme o mesmo autor os frutos possuem cerca de 3,5 mm de comprimento e 2,8 mm de largura, com cinco sépalas persistentes, contendo uma semente por fruto, sendo a dispersão do tipo anemocórica. A espécie é caracterizada como secundária inicial e ocorre na vegetação secundária, destacando-se como dominante na paisagem, formando bosques puros e descontínuos, associada a solos litólicos, mediamente profundos, com textura argilosa (CARVALHO, 2008; BOLIGON et al., 2005), sendo considerada como formação fitogeográfica distinta do Rio Grande do Sul em relação ao território brasileiro (LONGHI, 1987).

Se destaca na produção de lenha de boa qualidade e é indicada para postes e mourões com alta durabilidade, relatos indicam que a mesma é utilizada regionalmente desde o século XI (SCHULZE-HOFER; MARCHIORI, 2010). Além disso, conforme Moglia e Gimenez (1995), a espécie é recomendada para uso na extração de tanino. Conforme Carvalho (2008) também pode ser utilizada para recuperação de ecossistemas degradados e revegetação de solos fracos e erodidos. Devido as características da madeira a espécie sofreu com o corte e redução dos remanescentes durante o final do século XX (LONGHI, 1987) e, atualmente a área de ocorrência no Brasil é de cerca de 500 km², o que segundo os critérios da IUCN a levaram ao status em perigo de extinção (MARTINELLI; MORAES, 2013).

2.2 IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS COM ESPÉCIES AMEAÇADAS

Dados do inventário florestal nacional de 2018 relatam que o estado do Rio Grande do Sul possui 39 espécies arbóreas ameaçadas de extinção (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2018). Brooks et al. (2006) destacaram que espécies ameaçadas são relevantes na criação de áreas de proteção. Desse modo, nos últimos anos alguns estudos foram

realizados buscando conhecer e preservar essas espécies (BETT; MAY, 2017; GUO et al., 2017; HOFFMANN et al., 2015; LOONEY et al., 2017). Apesar dos esforços, muitas espécies ainda correm risco de serem extintas antes que seja conhecido seu potencial econômico e ecológico. O processo de extinção de espécies é natural, porém nos últimos anos a atividade antrópica acelerou em níveis incalculáveis (GIULIETTI et al., 2009).

Estimativas relatam que o ritmo de extinção de espécies tenha atingido nível de no mínimo mil vezes maior que os índices históricos (MARTINELLI; MORAES, 2013). Dentre os fatores em destaque está a destruição de habitat, a introdução de espécies exóticas, as cadeias de extinção, as mudanças climáticas e a conversão de ecossistemas em áreas de produção (BAILLIE et al., 2004; THOMAS et al., 2004). Nesse sentido, espécies em risco de extinção que ocorrem em regiões com perda constante de habitat devem ser priorizadas em programas de conservação (MYERS et al., 2000).

2.3 ANÁLISE DE SEMENTES

Estudos que contemplem a tecnologia de sementes florestais são de grande importância. Apesar dessas serem amplamente comercializadas no Brasil, para fins de recomposição florestal e produção de mudas, poucas estão incluídas na Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a) e existem poucos estudos sobre aspectos relacionados a produção de sementes de espécies florestais (GUEDES et al., 2009). Nesse sentido, é necessário que se conheça os padrões de qualidade física, fisiológica e sanitária desses lotes de sementes (OLIVEIRA et al., 2018; REGO et al., 2009).

Informações completas sobre a qualidade e armazenamento dessas sementes são escassas quando comparadas com culturas agrícolas (AIMI et al., 2016a; BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUES, 2010). Visando suprir essa lacuna, foi elaborado o documento Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), porém, devido a diversidade da flora brasileira, muitas espécies não estão presentes nesse documento, sendo necessário estudos complementares.

2.3.1. Análise física

Os testes físicos são realizados com o intuito de verificar a qualidade física, sendo comum ser realizado a determinação do grau de umidade das sementes e peso de mil sementes (BRASIL, 2009a). O grau de umidade é determinado pela extração total da água contida na

semente em forma de vapor, por meio da aplicação de calor em estufas com circulação de ar, sob condições controladas. Para isso os métodos utilizados buscam reduzir a oxidação, decomposição ou perda de outras substâncias voláteis para remoção máxima da água (BRASIL, 2009a).

Segundo Marcos Filho (2005) essa análise é um indicativo para comparar a qualidade das sementes de diferentes lotes, por meio da diferença na quantidade de água. É importante quando as sementes são armazenadas em diferentes ambientes, pois seu grau de umidade varia quando armazenadas inadequadamente (LIMA JUNIOR, 2010), conforme a coleta considerando a época ou homogeneidade de maturação dos frutos.

O peso de mil sementes em geral é uma informação complementar necessária para o cálculo da densidade de semeadura, do número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para o teste de pureza (BRASIL, 2009a). Entretanto, essa informação varia de acordo com o teor de água presente nas sementes (BRASIL, 2009a).

2.3.2 Análise fisiológica

As análises fisiológicas servem para determinar o potencial germinativo do lote de sementes. Os testes de germinação devem ser realizados de acordo com as recomendações estabelecidas na Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a) e Instruções para análise de sementes de espécies florestais (BRASIL, 2013). Esse teste é responsável por determinar o potencial germinativo do lote de sementes, sendo realizado em ambiente de laboratório, com condições controladas de temperatura, teor de água e luz, permitindo que as sementes expressem o seu máximo poder germinativo (BRASIL, 2009a). Porém, fatores inerentes a própria semente e espécie ou abióticos como luz, temperatura e umidade, afetam a germinação (BASKIN; BASKIN, 2014).

As sementes quando são embebidas ativam o processo metabólico do embrião, iniciando a germinação (LARCHER, 2000). Conforme Castro, Bradford e Hilhorst (2004) há três fases distintas, a primeira é física e consiste na absorção de água pela semente, que contém sítios de ligação com afinidade para água, na segunda fase são ativados os processos metabólicos envolvidos no crescimento do embrião, as duas primeiras fases são tolerantes a falta de água. A terceira fase consiste no aumento do conteúdo de água da semente e incitação do crescimento do embrião, finalizando com a protrusão da radícula.

Assim, quando a plântula não depende mais de suas reservas, o processo de germinação está encerrado e essa passa a buscar sua nutrição pelo processo autotrófico

(LARCHER, 2000). Nesse sentido, testes com sementes florestais consideram germinada aquela que apresentar todas as estruturas essenciais desenvolvidas, ou seja o critério tecnológico (parte aérea e radicular) sendo essas completas, proporcionais e sadias (BRASIL, 2009a).

A complementação do teste de germinação pode ser realizado por análises que avaliam o vigor das sementes, como por exemplo o índice de velocidade de germinação (IVG) que conforme Vieira e Krzyzanowski (1999) é determinado pela capacidade das sementes expressarem o potencial germinativo. O IVG tem como princípio que quanto mais rápido ocorrer a germinação das sementes, maior será o vigor do lote (POPINIGIS, 1985).

2.3.3 Análise sanitária

As sementes de espécies florestais, especialmente, as nativas, são suscetíveis a contaminação por fungos, isso pode ser decorrente das características próprias dos frutos, da coleta, processamento, beneficiamento e armazenamento (MACHADO, 1988). A qualidade sanitária das sementes é um importante aspecto com relação à produção de mudas sadias, pois a ocorrência de anormalidades e lesões nas plântulas, bem como deterioração das sementes, muitas vezes, são atribuídas pela ocorrência de patógenos (PIVETA et al., 2014).

Conforme Walker et al. (2015), a preservação de espécies florestais é relacionada com a obtenção e manutenção de sementes com elevada qualidade, pois quando microrganismos estão associados as sementes, estes causam anormalidades, além de prejudicar a germinação. Alguns patógenos acompanham às sementes, mas não afetam a germinação, apenas infectam os tecidos o que reduz o vigor ou manifestam os sintomas na fase de muda (BRASIL, 2009b).

De acordo com Carvalho e Muchovej (1991) os gêneros *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. estão geralmente associados às sementes de espécies florestais. Esses gêneros são considerados causadores de apodrecimento das sementes, causando deterioração e morte e geralmente ocorrem devido às condições inadequadas de armazenamento (PISSININ et al., 2008; SANTOS; PARISI, 2011). Desse modo, é importante caracterizar a ocorrência de fungos em sementes florestais, estabelecendo estratégias de controle para o estabelecimento de populações florestais via sementes (LAZAROTTO et al., 2012).

2.3.4 Substratos para teste de germinação

Os substratos tem a função de manter a umidade, disponibilizando as condições adequadas para que a germinação ocorra (PIÑA-RODRIGUES; VIEIRA, 1988). No entanto, o tipo de semente e as características do substrato como estrutura, aeração e retenção de água podem prejudicar ou favorecer (GUEDES et al., 2010). Diante disso, algumas opções de substrato para teste de germinação são: papel toalha, papel filtro, papel mata borrão, areia e vermiculita (BRASIL, 2009a; 2013).

Devido as diferentes características dos substratos, Pacheco et al. (2006) destacaram a importância da padronização do tipo de substrato para cada espécie, pois quando utilizados em combinação com temperaturas adequadas propiciam que as sementes expressem o seu melhor potencial germinativo. Conforme Gasparin et al. (2012) areia e vermiculita são substratos adequados para análise de sementes de espécies florestais devido a redução da contaminação por patógenos.

Ferraz e Calvi (2010) destacaram a areia como substrato indicado para sementes grandes e globosas e o uso de papel para as pequenas e médias. Figliolia, Oliveira e Piña-Rodrigues (1993) também recomendaram o substrato vermiculita para sementes grandes e esféricas, pois há aumento do contato do substrato com a semente. Diante disso, existem variações na opções de substratos e esses podem ser escolhidos com base no custo de aquisição e disponibilidade na região (AIMI, 2018a), bem como visando reduzir o tempo do teste, em consequência a redução da proliferação de patógenos (GASPARIN et al., 2012), ou pela escolha de substratos utilizados para espécies de mesmo gênero já descritas na Instruções para análise de semente de espécies florestais (BRASIL, 2013).

2.3.5 Armazenamento de sementes

O objetivo do armazenamento é garantir o suprimento de sementes para projetos e implantação de florestas (SILVA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2015). Além disso, algumas espécies apresentam sazonalidade na produção de frutos (ARAUJO et al., 2018a), o que poderia ser resolvido com estudos sobre o armazenamento das sementes dessas espécies.

A longevidade das sementes é influenciada por diversos fatores como a qualidade física, fisiológica e sanitária, bem como as características do ambiente de armazenamento (GASPARIN et al., 2018). Conforme os mesmos autores, para garantir a longevidade é necessário que se armazene em condições controladas para reduzir o envelhecimento

gradativo das sementes. Para isso, é necessário que se conheça o comportamento fisiológico das sementes, Roberts (1973) descreveu que as sementes poderiam ser classificadas em dois grupos com base nas características de armazenamento, as ortodoxas secas a níveis de umidade abaixo de 10% e armazenadas em baixas temperaturas, garantido a viabilidade ao longo do tempo, e as sementes recalcitrantes que não devem ser armazenadas com baixo grau de umidade e baixas temperaturas.

Outro fator que influencia no armazenamento de sementes é o grau de maturação dos frutos durante a coleta, visto que espécies nativas apresentam variação individual no grau de maturação dos frutos (WIELEWICKI et al., 2006). Sementes coletadas antes de completar o seu desenvolvimento são imaturas e não atingem o seu máximo potencial de armazenamento (GASPARIN et al., 2018), mesmo que emitam radícula ou formem plântula normal. Conforme os mesmos autores as sementes ortodoxas devem passar por um processo final de dessecação, o qual estabelece a resistência a dessecação e armazenamento. Assim, as sementes devem ser coletadas no ponto máximo de maturação fisiológica, momento em que ocorre o desligamento da planta mãe (LORZA; CASTRO; FIGLIOLIA, 2015).

A partir da maturidade fisiológica as sementes começam o processo de deterioração (MARCOS FILHO, 2005). Fatores como temperatura e umidade relativa do ar podem favorecer a atividade do embrião, bem como elevadas temperaturas ocasionam o aumento da taxa respiratória e o gasto das substâncias de reserva acumuladas, levando a perda de viabilidade (AGUIAR, 1995). Assim, para o sucesso no armazenamento a respiração das sementes deve ser mantida a uma taxa mínima que não comprometa a sobrevivência e não gaste suas reservas de energia (FOWLER, 2000).

2.4 PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO

2.4.1 Substratos para uso em viveiro

Em viveiros é necessário o conhecimento das etapas de produção de mudas de espécies arbóreas (DAVIDE; FARIA, 2008). Devido à grande diversidade de espécies e demanda para diversos fins, nem sempre os viveiros possuem diversidade de espécies e quantidade de mudas com qualidade solicitadas pelo mercado (MOREIRA DA SILVA et al., 2017).

A produção de mudas de qualidade depende do uso de substratos e fertilizantes padronizados conforme as necessidades da espécie a ser produzida (AIMI et al., 2016b).

Nesse contexto, um substrato ideal deve ter boas características físicas e químicas, como por exemplo reter água e permitir a difusão de oxigênio para as raízes (BARRETT et al., 2016; FERMINO, 2014; KÄMPF, 2005; KERN et al., 2017).

As principais características físicas de um substrato são porosidade total, densidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (FERMINO, 2014). As quais devem ser previamente analisadas, pois não podem ser alteradas durante o desenvolvimento das plantas (KÄMPF; TAKENE; SIQUEIRA, 2006). A fase sólida do substrato está correlacionada à estabilidade do sistema radicular, a líquida ao suprimento de água e teor de nutrientes, e a gasosa à troca de oxigênio entre as raízes e a atmosfera (LEMAIRE, 1995). Dentre as propriedades químicas estão o pH e a condutividade elétrica (KERN et al., 2017), sendo que os valores de pH variam de 4,4 a 6,5 (BAILEY; FONTENO; NELSON, 2000; CARLILE; CATTIVELLO; ZACCHEO, 2015).

Os substratos se caracterizam pela mistura de diferentes compostos orgânicos ou inorgânicos em proporções padronizadas e que devem ser adequadas para cada espécie (REGAN, 2013). Conforme Kämpf (2005), existem diferentes classes de materiais sendo divididos em naturais (turfas), sintéticos (isopor, lã-de-rocha), minerais (argila expandida, perlita e vermiculita) e orgânicos (casca de arroz, casca de pinus, fibra de coco, serragem ou maravalha).

Devido a disponibilidade e características físicas a turfa do tipo *Sphagnum* é amplamente utilizada para a produção de mudas em diversos países, porém, nos últimos anos tem-se aumentado a preocupação ambiental com os pântanos, local de onde a turfa é extraída (KERN et al., 2017). Assim, alguns esforços foram realizados para reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade de substratos (KRATZ; WENDLING, 2013). Nesse sentido, a substituição parcial ou adição em substratos a base de turfa pode ser feita com o uso de materiais orgânicos disponíveis na região, diminuindo os custos de produção das mudas (LANDIS; MORGAN, 2009).

Entre os componentes regionais com grande disponibilidade no sul do Brasil está a casca de arroz (SOSBAI, 2012). Uma das formas de se utilizar a casca de arroz é por meio do processo de carbonização, onde essa é carbonizada a altas temperaturas e baixos níveis de oxigênio (KÄMPF; TAKENE; SIQUEIRA, 2006). Esse processo a torna um material estéril e de fácil manuseio, facilitando a mistura com outros componentes de substratos (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006). A baixa capacidade de retenção de água proporciona uma drenagem rápida ao substrato, além disso, a casca de arroz carbonizada é estável fisicamente e

quimicamente, ou seja, não se deteriora e apresenta um pH próximo a neutralidade (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006).

Nesse contexto, o uso da casca de arroz carbonizada combinada a substratos comerciais, pode reduzir os custos de produção (KRATZ; WENDLING, 2013), bem como melhorar as propriedades físicas do substrato, as quais podem ser alteradas com diferentes proporções desse componente (COUTO; WAGNER JÚNIOR; QUEZADA, 2003).

2.4.2 Fertilização de substrato

A fertilização é uma prática de rotina em viveiros de produção de mudas, assim deve ser adequada ao tipo de recipiente e espécie a ser produzida (NAVROSKI et al., 2018). De maneira geral, os substratos comerciais para a produção de mudas não possuem nutrientes (KÄMPF, 2005). Nesse sentido, é necessário identificar o tipo de substrato para determinar a dose ideal e nutrientes necessários, pois limitações na fertilização reduzem o crescimento das plantas e doses excessivas podem causar fitotoxicidade (NAVROSKI et al., 2018).

A fertilidade do substrato é um fator a ser considerado na produção de mudas em recipientes, pois os nutrientes devem ser disponíveis à planta durante a produção, nessa condição, dependendo do tipo de produção, os viveiristas podem optar por fertilizantes de pronta liberação, liberação controlada ou orgânica (JACOBS; LANDIS, 2009). Os fertilizantes de pronta liberação possuem menor custo porém, são propensos a lixiviação de nutrientes quando utilizados em mudas produzidas em recipientes (GONÇALVES et al., 2005; NAVROSKI et al., 2018), sendo necessária a adubação de cobertura.

Os fertilizantes de liberação controlada são constituídos por grânulos que contém a mistura de nitrogênio, fósforo e potássio em diferentes proporções, esses são encapsulados por uma resina orgânica que sob condições de temperatura e umidade liberam os nutrientes de forma gradual para as plantas (JACOBS; LANDIS, 2009). A liberação dos nutrientes varia de acordo com a espessura e o material de revestimento, de maneira geral a duração varia de 3 a 18 meses (VALERI; CORRADINI, 2005).

Durante a produção de mudas no viveiro é necessário conhecer as taxas de crescimento das espécies para a adequação da fertilização, pois espécies com taxas mais rápidas de crescimento inicial, demandam menores concentração de fertilizantes no substrato (NAVROSKI et al., 2018), reduzindo os custos de produção.

2.5 PLANTIO DE MUDAS NO CAMPO

No campo as espécies são suscetíveis a diversos fatores ambientais como seca, frio, ataque de pragas e competição com plantas daninhas. Além disso, as técnicas de condução do plantio podem definir o sucesso ou fracasso do estabelecimento e crescimento das plantas (EWERS et al., 2003; RORATO et al., 2018b; SEBASTIAN-AZCONA et al., 2019; STUEPP et al., 2017). Nesse sentido, a seleção de espécies adaptadas a condições locais serve como referência para plantios futuros (ABREU et al., 2015) e zoneamento de locais adequados para os plantios (SEBASTIAN-AZCONA et al., 2019).

Na região sul do Brasil é importante a seleção de áreas propícias para plantio, pois a região é suscetível a ocorrência de geadas durante o inverno (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008). Essa condição é capaz de ocasionar estresse abiótico, prejudicando o crescimento de espécies suscetíveis a temperaturas próximas a 0 °C (MEGHA; BASU; KAV, 2014). As baixas temperaturas afetam as atividades metabólicas dos vegetais (HIGA et al., 2000), mesmo de espécies nativas consideradas adaptadas (RORATO et al., 2018b), quando cultivadas em locais suscetíveis a ocorrência de geadas (MELO-ABREU et al., 2004; RICCE et al., 2014).

Assim, os plantios florestais devem ser constantemente monitorados principalmente durante os primeiros meses, isso garante a sobrevivência e crescimento das plantas (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010). O monitoramento de áreas de plantio pode ser realizado desde a sobrevivência e crescimento inicial, até o quinto ano após o plantio, assim determinando um programa para o controle de qualidade de crescimento e sobrevivência de mudas de espécies nativas após o plantio (BIRCHLER et al., 1998).

2.5.1 Fertilização em plantios florestais

O uso de espécies nativas, em plantios comerciais, é comprometido pela falta de conhecimento sobre sua silvicultura, como por exemplo em relação às demandas nutricionais (REIS et al., 2012; SOUZA et al., 2006). Dentre as práticas de manejo utilizadas em plantios a fertilização tem como função o fornecimento de nutrientes para o crescimento das plantas (PINNO et al., 2012; SLOAN; JACOBS, 2013). Em geral os solos das regiões tropicais e subtropicais, onde se encontram os maiores maciços florestais, possuem limitações químicas com baixos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre e boro (GONÇALVES et al., 2000a).

Conforme Gonçalves et al. (2000) espécies pioneiras ou secundárias iniciais possuem maiores taxas de crescimento por, consequência, tem maior taxa de absorção e acumulação de nutrientes nos tecidos vegetais. Diante disso, se justifica o uso de adubação em projetos de reflorestamento (CANEO et al., 2013) porém, de acordo com Pezzutti, Schumacher e Hoppe (1999) a adequação de doses para diferentes espécies arbóreas é importante a medida que possuem diferentes demandas nutricionais.

Dentre os nutrientes essenciais disponíveis para uso em plantios está o nitrogênio, que é responsável pela formação de aminoácidos e proteínas, além de acelerar o crescimento das plantas (KALAJI et al., 2016; TAIZ et al., 2017). Nesse sentido, o uso de nitrogênio é capaz de favorecer o rápido estabelecimento de plantas em áreas com pouca disponibilidade de nutrientes (POKHAREL; CHANG, 2016; SLOAN; JACOBS, 2013). De acordo com Cooke e Weih (2005) a realocação do nitrogênio ocorre em quatro fases, sendo: absorção pelas raízes, realocação para novos órgãos durante a estação de crescimento, redistribuição de folhas senescentes para órgãos de reserva e redistribuição para folhas e brotações novas na primavera.

As respostas das plantas ao nitrogênio variam de acordo o tipo de solo, doses e taxa de absorção de cada espécie (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Assim, a adequação de doses para plantios favorece o crescimento na mesma proporção que reduz os custos com a manutenção (CARVALHO et al., 2016). Brereton et al. (2014) destacaram que as espécies eficientes no uso de nitrogênio acumulam esse nutriente na parte aérea para o desenvolvimento da copa e acúmulo de carbono. Apesar dos benefícios que a adubação nitrogenada traz às plantas, Bredemeier e Mundstock (2000) destacaram que, cerca de 50% do nitrogênio aplicado ao solo não é absorvido, assim a adequação do uso desse nutriente é essencial, evitando custos excessivos no plantio.

2.6 FATORES MORFOFISIOLÓGICOS NA QUALIDADE DE MUDAS EM VIVEIRO E NO CAMPO

As mudas devem expressar as melhores características morfológicas e fisiológicas garantindo sua qualidade para plantio (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018; TIAN et al., 2017). No entanto, fatores como qualidade genética, procedência do material de propagação, condições ambientais e técnicas de produção podem interferir na qualidade das plantas (GOMES; PAIVA, 2011). Para maximizar o crescimento e sobrevivência no campo é necessário o uso de mudas com alto padrão de qualidade (RITCHIE et al., 2010).

Conforme Ritchie et al. (2010) os atributos morfológicos são altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSA), área foliar (AF), matéria seca radicular (MSR) e comprimento radicular (CR), esses são de fácil mensuração e tem pouco variação em curto prazo. O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é calculado a partir dessas variáveis por meio da seguinte fórmula (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{HDC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Sendo: IQD: Índice de Qualidade de Dickson; MST: matéria seca total (g); H: Altura da parte aérea (cm); DC: Diâmetro do coleto (mm); MSPA: Matéria seca área (g); e MSR: Matéria seca radicular (g).

O Índice de Qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas (CARNEIRO, 1995) e índice indica a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, considerando a matéria seca total, altura, diâmetro do coleto, além da matéria seca radicular e aérea, estimando assim a qualidade das mudas produzidas (FONSECA et al., 2002).

A altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, são métodos não destrutivos. Conforme Gomes e Paiva (2011) a altura é um excelente parâmetro para estimar o crescimento inicial no campo e o diâmetro do coleto está correlacionado com a sobrevivência das mudas, a relação entre essas variáveis indica o equilíbrio no desenvolvimento das plantas.

A avaliação destrutiva como a matéria seca de plantas é bastante utilizada para determinar a qualidade de mudas e sobrevivência inicial a campo (RITCHIE et al., 2010). A matéria seca aérea e área foliar estão correlacionadas positivamente com o crescimento em altura, bem como com a produtividade das plantas e produção de fotoassimilados, além de indicar a rusticidade das plantas (BELLOTE; SILVA, 2000; GONÇALVES et al., 2005) já a matéria seca radicular está correlacionada com a sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (GOMES; PAIVA, 2011). O comprimento radicular está correlacionado com a absorção de nutrientes e água (GONÇALVES et al., 2005).

Juntamente com os atributos morfológicos é importante a avaliação dos atributos fisiológicos, pois estes podem diagnosticar deficiências momentâneas que futuramente irão comprometer o crescimento das plantas (ARAUJO et al., 2018b). Os pigmentos clorofila *a*, *b* e carotenoides são utilizados na avaliação da taxa fotossintética das plantas, esses pigmentos tem a capacidade de absorver a luz em diferentes comprimentos de onda, transferir essa energia para os centros de reação, mantendo o funcionamento do esquema Z e resultando na

síntese de compostos de carbono (TAIZ et al., 2017). As plantas com elevadas taxas desses pigmentos apresentam maior potencial para realizar a fotossíntese, conseqüentemente, apresentam maior acúmulo de biomassa (RÊGO; POSSAMAI, 2004).

Além dos pigmentos fotossintéticos a fluorescência da clorofila *a* é um eficiente método não destrutivo para avaliação de estresse em plantas (BORAWSKA-JARMUŁOWICZ et al., 2014; DAŁBROWSKI et al., 2015; PAKNEJAD et al., 2007). Para que a fluorescência da clorofila *a* ocorra deve existir perda de energia fotossinteticamente ativa (DAŁBROWSKI et al., 2015). As moléculas de clorofila absorvem a energia por meio do complexo antena presentes na membrana do tilacóide (KALAJI et al., 2012) essa energia é transferida para o fotossistema, onde começam as reações fotoquímicas. Parte dessa energia é perdida por calor e fluorescência da clorofila *a* (DAŁBROWSKI et al., 2015), assim quanto maior a energia perdida por fluorescência maior são os sintomas de estresse das plantas.

A fluorescência da clorofila *a* fornece informações sobre o funcionamento e a estrutura do aparato fotossintético por meio de alguns parâmetros como a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) obtido por meio da razão da fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$), fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) (BAKER; ROSENQVIST, 2004; ŽIVČÁK et al., 2014). Para alguns autores a relação F_v/F_m em condições normais apresenta valores em torno de 0,80 a 0,84 (FU; LI; WU, 2012), porém pode apresentar valores mais baixos sem que as plantas estejam visualmente estressadas. Ritchie et al. (2010) indicam valores ideais entre 0,7 e 0,8. Todavia estudos com espécies nativas do sul do Brasil indicam valores de 0,62, 0,70 e 0,55 como adequados (AIMI et al., 2017; BERGHETTI et al., 2019 e TURCHETTO et al., 2016). O valor de F_v/F_m apresenta decréscimo quando as plantas são expostas a algum tipo de estresse (PAKNEJAD et al., 2007). O declínio da relação F_v/F_m é um bom indicador de dano fotoinibitório de plantas estressadas pela seca (BAKER; ROSENQVIST, 2004; SU et al., 2015) A F_o é o valor de fluorescência obtido quando todos os centros de reação estão “abertos” bem como a emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do fotossistema II (BAKER; ROSENQVIST, 2004). A F_m é obtido a partir da completa redução da quinona A (QA) a partir do pulso de luz no centro de reação QA (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

A avaliação das variáveis morfológicas e fisiológicas são utilizadas para verificar a qualidade das mudas e o desenvolvimento dessas espécies no campo (RITCHIE et al., 2010), indicando de modo direto e intuitivo a condução do plantio

3 CAPÍTULO I - ARMAZENAMENTO DE DIÁSPOROS DE *Myracrodruon balansae* (ENGLER) D. A. Santin: IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA

RESUMO

Myracrodruon balansae (Engler) D. A. Santin (Pau-ferro-do-sul) pertence à família Anacardiaceae e apresenta potencial econômico e ecológico. No entanto, devido a exploração e redução de remanescentes, atualmente é descrita como em risco de extinção, sendo necessário estudos sobre a tecnologia de diásporos, pois esses são restritos para a espécie. Assim, esse estudo teve como objetivo avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de diásporos de *M. balansae* em diferentes ambientes de armazenamento. O lote foi inicialmente caracterizado quanto ao peso de mil sementes, grau de umidade, teste de germinação em diferentes substratos (sobre areia, entre areia, sobre vermiculita, entre vermiculita, papel filtro, sobre papel mata borrão e rolo de papel) e teste de sanidade. Os diásporos foram armazenados em três ambientes câmara fria e úmida – CF (8 °C e 86% de umidade relativa do ar – UR), geladeira - GEL (3 °C e 48% de UR) e ambiente de laboratório – LAB (24 °C ± 3 °C e UR variável). As avaliações foram realizadas aos 6, 12 e 18 meses após o armazenamento. O lote de diásporos teve peso de mil sementes de 5,86 g, resultando em 170.650 sementes por quilograma com grau de umidade de 12,2%. O teste de germinação de diásporos de *M. balansae* pode ser realizado com substrato sobre areia. Os diásporos podem ser armazenados em geladeira com grau de umidade de 10% por 18 meses. No teste de sanidade os principais gêneros de fungo encontrados foram *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., os quais podem ser causadores de danos nas sementes. Apesar da baixa germinação do lote, possivelmente devido a heterogeneidade da maturação das sementes, a espécie apresenta potencial para armazenamento, devendo-se entretanto, verificar a necessidade de tratamento antes do armazenamento ou avaliação do período de coleta de sementes.

Palavras-chave: Pau-ferro-do-sul. Risco de extinção. Anacardiaceae. Tecnologia de sementes. Substrato areia.

CHAPTER I - STORAGE OF *Myracrodruon balansae* (ENGLER) D. A. SANTIN DIASPORES: IMPLICATIONS IN PHYSICAL, PHYSIOLOGICAL AND SANITARY QUALITY

ABSTRACT

Myracrodruon balansae (Engler) D. A. Santin (Pau-ferro-do Sul) belongs to Anacardiaceae family and presents economic and ecological potential. However, due to the exploitation and reduction of remnants, these are subject to extinction risk, being necessary studies on technology of diaspores, since these are restricted for a species. Thus, this study aimed at the physical, physiological and sanitary quality of *M. balansae* diaspores in different storage environments. Hops are a container in relation to the thousand seed weight, moisture content, germination tests on different substrates (on the sand, between sand, on vermiculite, between vermiculite, on filter paper on the role and roll of paper) and sanity test. The diaspore are made from the environment (CF - 8 ° C and 86% of RH), refrigerator - GEL (3 ° C and 48% RH) and laboratory environment - LAB (24 ° C ± 3 ° C and UR variable). As seen were at 6, 12 and 18 months after storage. The batch of diaspores had a weight of one thousand seeds of 5.86 g, resulting in 170,650 seeds of kilogram with degree of humidity of 12.2%. The germination test of diaspores of *M. balansae* can be performed with substrate on sand. Diaspora can be stored in refrigerator with 10% humidity for 18 months. No sanity test in the main genus of fungi was *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp., which can cause seed damage. Because of the low germination of the batch, due to the heterogeneity of seed maturation, potentially power is stored, and must at the same time, verify the need for a review of the seed storage potential.

Keywords: Pau-ferro-do-sul. Risk of extinction. Anacardiaceae. Seed technology. Substrate sand.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil a supressão de florestas naturais teve como propósito a abertura de novas fronteiras agrícolas, principalmente para a expansão agropecuária e de áreas urbanas (BRANCALION et al., 2012). Como consequência, nos últimos anos, houve o aumento de estudos e projetos visando a restauração desses ambientes (RODRIGUES et al., 2009; RORATO et al., 2018b; TURCHETTO et al., 2016; WUETHRICH, 2007) que em sua maioria apresentam grande diversidade de espécies nativas (MYERS et al., 2000) das quais, muitas são pouco conhecidas quanto aos padrões germinativos (BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUES, 2010), bem como sobre o armazenamento das sementes que possam viabilizar o uso a longo prazo em projetos de restauração e outras finalidades.

Myracrodruon balansae (Engler) D. A. Santin (Pau-ferro-do-sul) é uma espécie arbórea nativa do Brasil com distribuição restrita ao Sul do país (CARVALHO, 2008), com

ocorrência em solos rasos e mediamente profundos, classificado como Neossolo regolítico distrófico, o qual apresenta restrição para agricultura (STRECK et al., 2008). Possui madeira com alta durabilidade natural devido aos teores de extrativos (MOGLIA; GIMENEZ, 1995) e densidade de $1,23 \text{ g.cm}^3$, podendo ser utilizada em construções e carpintaria, sobretudo no meio rural (CARVALHO, 2008), por esses motivos foi amplamente explorada até a segunda metade do século XX (LONGHI, 1987; SCHULZE-HOFER; MARCHIORI, 2010) e vem sofrendo acelerada erosão genética (CARVALHO, 2008). Desse modo, encontra-se descrita na categoria em perigo de extinção no livro vermelho das espécies ameaçadas da flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013), mesmo antes de se ter informações sobre a qualidade e armazenamento dos diásporos, visando a produção de mudas e plantio em projetos de restauração.

Nesse sentido, para viabilização do cultivo e conservação de espécies arbóreas, é importante que se conheça a qualidade física, fisiológica e sanitária dos diásporos utilizados, por meio da determinação do grau de umidade, peso de mil sementes, testes de germinação e de sanidade (OLIVEIRA et al., 2018; REGO et al., 2009), além de informações sobre ambientes e tempo de armazenamento adequados para conservação das sementes (CARVALHO; SILVA; DAVIDE, 2006; GASPARIN et al., 2018). Apesar dessa demanda, informações completas sobre a qualidade e armazenamento de sementes de espécies florestais nativas são escassas quando comparadas com culturas agrícolas (AIMI et al., 2016a; BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2010), como é o caso da *M. balansae* que não está incluída nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a) e nem nas Instruções para a Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013). Assim, essa espécie necessita de pesquisas relacionadas à qualidade dos diásporos, como o substrato para condução de testes de germinação e condições de armazenamento, subsidiando a utilização das sementes para produção de mudas e plantios.

A escolha de um substrato adequado para a condução de testes de germinação é fundamental, pois o mesmo tem a função de manter a umidade, disponibilizando as condições para que a germinação ocorra (PINÃ-RODRIGUES; VIEIRA, 1988), diante disso, papel mata borrão, areia e vermiculita (BRASIL, 2009a; 2013) são alguns dos substratos disponíveis para análise do potencial germinativo das sementes. Além dessas informações, conhecer os métodos de armazenamento bem como a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, em diferentes ambientes, permitem que se mantenha a viabilidade e conservação em bancos de germoplasma (DAVIDE et al., 2003; GASPARIN et al., 2018; HONG; ELLIS, 1996). Assim,

quando as sementes são armazenadas, amplia-se o tempo de sua utilização, garantindo um melhor planejamento de produção de mudas para o silvicultor.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de diásporos de *M. balansae* em diferentes ambientes de armazenamento.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Coleta dos frutos, armazenamento e local de pesquisa

Os diásporos utilizados para a formação do lote e realização dos testes em laboratório, foram provenientes de frutos, do tipo drupas de *M. balansae*, coletados em remanescentes florestais de Floresta Estacional Decidual em Unistalda, RS (29° 00' 39,98'' S, 55° 14' 54,43'' O), com auxílio de um podão e lona (Apêndice A).

A coleta foi realizada em março de 2016 de 23 matrizes selecionadas, distantes no mínimo 50 metros entre si (Apêndice B). No entanto, apesar da tentativa de coleta nos dois anos seguintes, isso não foi possível devido a espécie, possivelmente, seguir um modelo fenológico cíclico plurianual ou acíclico, conforme descrito em Araujo et al. (2018a) para outras espécies. Após a coleta, os diásporos foram levados ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram colocados em bandejas, em local sombreado e arejado por dois dias para a extração das pétalas persistentes e beneficiamento. Após esse processo os diásporos foram homogeneizados manualmente, formando-se um único lote homogêneo (Apêndice C). Posteriormente, o material foi colocado em sacos de papel kraft, os quais, foram armazenados em sala seca e fria (com ar condicionado climatizador e desumidificador, 18 °C e 49% de umidade relativa).

3.2.2 Qualidade fisiológica inicial dos diásporos

Duas semanas após o armazenamento foi retirada uma amostra para a caracterização inicial do lote, avaliando-se o peso de mil sementes, grau de umidade, teste de germinação e teste de sanidade (Apêndice D). Paralelamente, o lote foi dividido em sub-lotes, e acondicionados em embalagens contendo ± 170 g (cerca de 27.300 diásporos) e armazenados em três ambientes diferentes.

3.2.3 Peso de mil sementes e grau de umidade

Para a determinação do peso de mil sementes e número de sementes por quilograma, utilizou-se a metodologia descrita na (RAS), que define a utilização de oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009a).

O grau de umidade dos diásporos foi obtido utilizando o método de estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (BRASIL, 2009a), com quatro repetições de 5,0 g. O resultado final foi definido pela média aritmética das porcentagens de cada uma das repetições.

3.2.4 Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em caixas transparentes (gerbox), com quatro repetições de 50 diásporos, utilizando-se os seguintes substratos (tratamentos): SA – sobre areia (fina e peneirada, com malha de 0,84 mm, 300 g de areia umedecida com 44 mL de água); EA – entre areia (fina e peneirada, com malha de 0,84 mm, 200 g de areia embaixo e 100 g em cima dos diásporos, umedecida com 44 mL de água); SV – sobre vermiculita (granulometria média, 27 g de vermiculita umedecida com 83 mL de água); EV – entre vermiculita (granulometria média, 17 g de vermiculita embaixo e 10 g distribuídas sobre os diásporos, umedecida com 83 mL de água); PF – sobre papel filtro (2 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel); MB - sobre papel mata-borrão (2 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel); e RP – rolo de papel (3 folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel, posteriormente colocado em saco plástico). A assepsia dos diásporos foi efetuada com álcool 70 °GL por 2 minutos, hipoclorito de sódio (1%) por 2 minutos e água destilada e autoclavada por 2 minutos.

Para o cálculo da quantidade de água (destilada e autoclavada) a ser adicionada nos substratos areia e vermiculita foram adotadas metodologias propostas por Brasil (2009a) e Brasil (2013), respectivamente, que acrescenta no substrato o volume de água definido para 60% da capacidade de campo. Os substratos foram esterilizados em autoclave a 120 °C por 2 horas, e os “gerbox” esterilizados com álcool 70 °GL e hipoclorito de sódio (1%). Após a instalação do teste os “gerbox” foram mantidos em câmara do tipo Mangesdorf de germinação à temperatura de 25 ± 3 °C e luz constante.

As contagens foram realizadas a cada sete dias até o encerramento do teste. Foram consideradas germinadas, plântulas normais que apresentaram visíveis todas as estruturas

essenciais (raiz primária, hipocótilo e cotilédones). A partir desses dados foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

No final do teste de germinação foram verificados os diásporos mortos, que conforme Brasil (2013), são aqueles que não apresentam nenhum sinal de início de germinação e não estão dormentes, que geralmente apresentam-se amolecidos.

3.2.5 Teste de sanidade

O teste de sanidade do lote foi realizado durante o período de armazenamento, no Laboratório de Fitopatologia Elocy Minussi, Departamento de Defesa Fitossanitária, UFSM (29° 43' 7" S e 53° 43' 0" O). Os diásporos foram colocados sobre duas folhas de papel mata-borrão, esterilizadas e umedecidas com água destilada e esterilizada (2,5 vezes o peso do papel), em quatro repetições de 25 diásporos (BRASIL, 2009b).

A incubação foi realizada em câmara com temperatura controlada a 25 °C, e fotoperíodo de 12 horas de luz fluorescente, durante sete dias. Após foi realizada a quantificação e identificação dos fungos, com base nas suas características morfológicas, visualizadas em cada semente, com auxílio de microscópios estereoscópico e óptico (BARNETT; HUNTER, 1999).

3.2.6 Qualidade fisiológica e armazenamento de diásporos

No armazenamento foram utilizados três ambientes: câmara fria e úmida – CF (8 °C e 86% de umidade relativa do ar), geladeira - GEL (3 °C e 48% de UR) e ambiente de laboratório – LAB (24 °C ± 3 °C e UR variável) em sacos de papel Kraft. As avaliações do grau de umidade, germinação e sanidade dos diásporos foram realizadas aos 6, 12 e 18 meses após o armazenamento. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3 (ambiente x tempo). A análise inicial foi considerada como amostra controle. As metodologias utilizadas foram as mesmas descritas anteriormente, porém para o teste de germinação foi utilizado o substrato sobre areia (SA), devido ao baixo custo e disponibilidade do material.

3.2.7 Análise dos dados

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e os resíduos foram verificados quanto às pressuposições de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias, respectivamente, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Quando os pressupostos não foram atendidos os dados foram analisados com o teste *Kruskal-Wallis* ($p < 0,05$), por meio do pacote estatístico “agricolae” (MENDIBURU, 2017) do software R (R CORE TEAM, 2018). As médias dos demais dados foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott e regressão ($p < 0,05$), por meio do pacote estatístico “ExpDes.pt” do software R (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Caracterização inicial do lote

O lote de diásporos de *M. balansae* teve peso de mil sementes de 5,86 g, resultando em 170.648,0 sementes por quilograma e grau de umidade de 12,2% (Tabela 1). Apesar da falta de informações para a espécie estudada, pesquisa realizada por Virgens et al. (2012) com espécie do mesmo gênero *M. urundeuva* Fr. All., indicaram valor próximo de 10% de umidade. Enquanto, Diniz et al. (2015) estudando o potencial germinativo de diásporos de *M. urundeuva* descreveram valores de umidade de 18 a 23% para diásporos oriundos de diferentes matrizes.

No que relaciona-se ao número de sementes por quilograma, Carvalho (2003) encontrou o valor de 150 mil sementes kg^{-1} , o que sugere que essa variação esteja associada ao teor de água dos diásporos. Essa variação no grau de umidade é comum para espécies silvestres (WIELEWICKI et al., 2006), a qual é influenciada pelo local e época de coleta, bem como à fase de maturação dos frutos (AIMI et al., 2016a). O grau de umidade observado nesse estudo está de acordo com Figliolia (1988), que classificou as sementes do gênero *Myracrodruon* como ortodoxas.

Tabela 1 - Grau de umidade, peso de mil sementes e número de diásporos por quilograma do lote de diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin

Variáveis	Médias	CV (%)
Grau de umidade (%)	12,2	5,06
Peso de mil sementes (g)	5,86	3,34
Número de sementes/Kg	170.648,0	-

CV: Coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

A germinação dos diásporos de *M. balansae* iniciou antes do 7° dia após a instalação do teste o que continuou até cerca do 14° dia, posteriormente, reduziu até o 21° dia, encerrando-se no 28° dia. Esse resultado está de acordo com Carvalho (2008) que descreve a germinação dessa espécie com duração de 4 a 34 dias. Em estudos realizados com *M. urundeuva*, Nunes et al. (2008), Pacheco et al. (2006) e Virgens et al. (2012) relataram a expressiva e rápida germinação (2 a 3 dias), o que confirma a elevada taxa de germinação inicial para esse gênero.

Para o percentual de germinação não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os substratos testados (Tabela 2). A germinação apesar de se expressar rapidamente, também indicou baixa viabilidade dos diásporos.

As maiores porcentagens de germinação foram observadas nos substratos sobre vermiculita, entre vermiculita, sobre areia e papel filtro, condição essa que proporcionou o maior índice de velocidade de germinação ($p < 0,0019$), em relação aos substratos entre areia, papel mata borrão e rolo de papel (Tabela 2). Enquanto, para os diásporos mortos não houve diferença significativa (Tabela 2).

Tabela 2 - Percentagem de Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e diásporos mortos (DM) de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em diferentes substratos, Santa Maria, RS

Tratamentos (substratos)	G (%)	IVG	DM (%)
SA	32,5 ^{ns}	2,62 a*	67,5 ^{ns}
EA	26,0	1,96 b	74,0
SV	38,0	3,05 a	62,0
EV	36,5	3,03 a	63,5
PF	31,0	2,48 a	69,0
PMB	24,5	1,40 b	75,5
RP	23,5	1,71 b	76,5
Média	30,28	2,32	69,71
CV (%)	26,88	24,39	9,38

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott, 5% de probabilidade de erro; CV: Coeficiente de variação. Onde: SA - sobre areia; EA - entre areia; SV - sobre vermiculita; EV - entre vermiculita; PF - papel filtro; PMB - papel mata borrão; e RP - rolo de papel.

Fonte: O autor (2019).

O baixo percentual de germinação, cerca de 35%, sugere irregularidade na maturação dos frutos e sementes entre árvores, assim como na própria matriz. Carvalho (2008) relata que o poder germinativo de *M. balansae* é variável conforme o ano de coleta podendo variar entre 15 e 96%, o que considera-se que também esteja associado ao grau de maturidade das sementes coletadas, pois ainda não se tem marcadores morfológicos definidos para o momento adequado de coleta. Dorneles, Ranal e Santana (2005), ao coletarem diásporos de *M. urundeuva* destacaram a falta de sincronia no amadurecimento dos diásporos nas matrizes, o que prejudicou a germinação (49,6 e 61,2%). Esse fato reafirma a falta de sincronização na maturação e produção de frutos para o gênero estudado. Nesse sentido, Fenner e Thompson, (2005) e Wielewicki et al. (2006) sugerem que em uma mesma espécie podem ocorrer variações individuais, recorrentes de fatores ambientais e genéticos, sendo esses causadores de diferenças físicas e fisiológicas de sementes, bem como influenciar na germinação.

Variações ambientais durante o período de frutificação também podem proporcionar a irregularidade de maturação dos diásporos. Nesse sentido, Araujo et al. (2018a) destacaram a necessidade do cuidado no planejamento da coleta, pois durante a frutificação existe variação na maturação dos frutos entre as árvores, assim como o período entre anos subsequentes. De forma geral, ressalta-se a importância da semente (fruto/diásporo) ser coletada no ponto de sua máxima qualidade fisiológica, o que coincide com o desligamento da planta mãe (LORZA; CASTRO; FIGLIOLIA, 2015). Assim, quando a espécie é pouco conhecida, corre-se o risco de coletar diásporos ainda imaturos o que, conseqüentemente, resultará em menor

germinação e vigor, fato que deve ser enfatizado com *M. balansae*, tendo em vista a baixa frequência de produção de diásporos.

Os substratos não influenciaram na germinação de *M. balansae* corroborando com o estudo de Pacheco et al. (2006) que relataram resultado semelhante ao avaliar substratos para germinação de *M. urundeuva*. A germinação mais rápida foi obtida nos substratos sobre vermiculita (SV), entre vermiculita (EV), sobre areia (SA) e papel filtro (PF), os quais SA e EV foram evidenciados como adequados por Gasparin et al. (2012) em estudo com sementes de *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk., sendo essas com características biométricas parecidas com *M. balansae*. Assim, diante das opções descritas em Brasil (2009a, 2013) que recomenda para espécies florestais o uso dos substratos entre areia, entre vermiculita, rolo de papel e sobre areia, com base no presente estudo, sugere-se o uso do substrato sobre areia para *M. balansae*, pois além de estar entre os mais adequados para qualificar a germinação do lote, também apresenta facilidade de manuseio, fácil disponibilidade e, conseqüentemente baixo custo de aquisição.

3.3.2 Características fisiológicas e sanitárias dos diásporos durante o armazenamento

Inicialmente o lote de diásporos de *M. balansae*, apresentou grau de umidade de 12,21% (Tabela 1), após seis meses do armazenamento a maior média foi observada em câmara fria (CF), porém reduzindo no ambiente de laboratório (LAB) e geladeira (GEL) (18,1; 10,9 e 9,4%, respectivamente). Enquanto, aos 12 meses após o armazenamento os valores observados foram de 18,1% na CF, 12,0% no LAB e 10% na GEL, o que continuou estável até os 18 meses após o armazenamento, mantendo o mesma tendência para os diferentes ambientes (17,76%; 12,35%; e 10,32%, respectivamente) (Tabela 3).

Os valores observados para os diásporos nos ambientes CF e LAB estão de acordo com os obtidos por Gasparin et al. (2013) para *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan armazenada em papel kraft, nos mesmos ambientes. Guedes et al. (2012) ao testarem o armazenamento de *M. urundeuva* acondicionadas em sacos de papel kraft, obtiveram aos 240 dias grau de umidade de 6% na geladeira, 18% na câmara fria e 16% no laboratório, os mesmos autores observam que os valores elevados para CF e LAB foram inadequados para essa espécie. Conforme Carvalho e Nakagawa (2000) após o armazenamento as sementes tendem a ajustar-se a nova umidade relativa, fato esse observado ao longo do armazenamento para os diásporos de *M. balansae*.

Tabela 3 - Grau de umidade de diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, acondicionados em diferentes ambientes por 18 meses

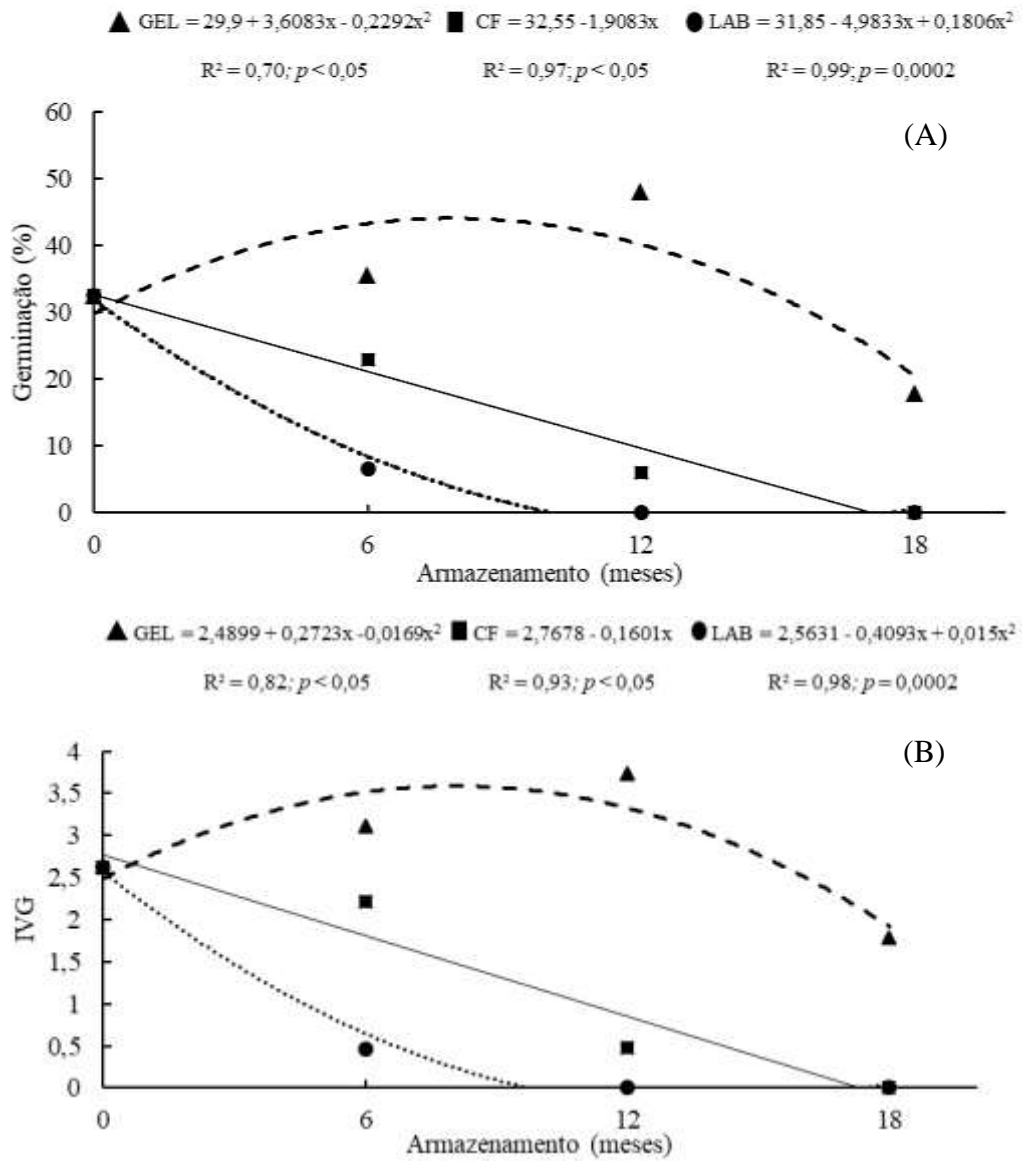
Ambiente	Grau de umidade (%)		
	Tempo (meses)		
	6	12	18
CF	18,06 c**	18,08 c	17,76 c
LAB	10,89 b	12,00 b	12,35 b
GEL	9,39 a	10,02 a	10,37 a

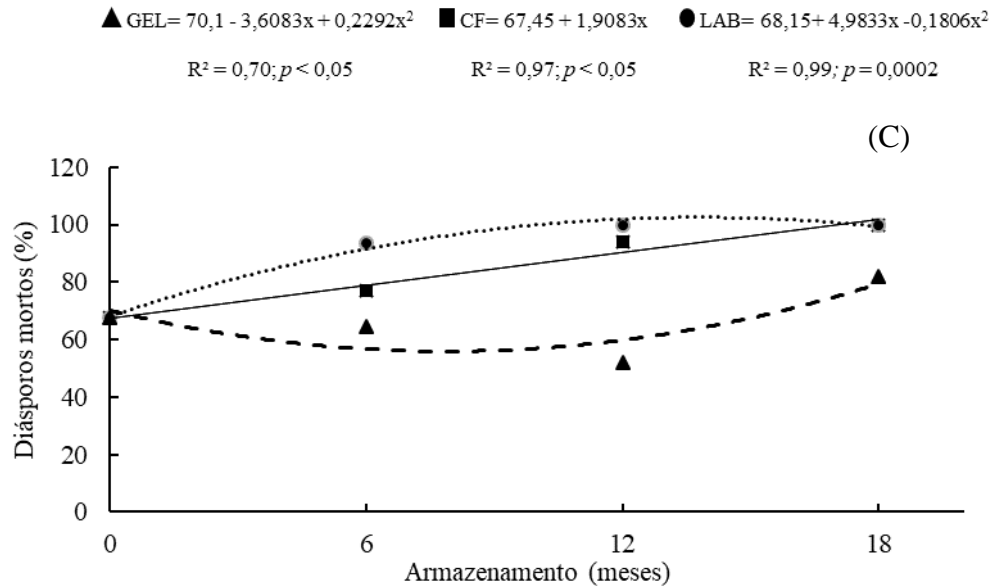
**Teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Onde: CF – Câmara fria e úmida, LAB – Ambiente de laboratório e GEL – Geladeira.

Fonte: O autor (2019).

Para as variáveis porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e diásporos mortos, observou-se interação entres os fatores ambiente x tempo ($p < 0,05$). O armazenamento em geladeira proporcionou o ambiente mais adequado com aumento quadrático das variáveis resposta (Figura 1). A maior germinação foi estimada em 44,10%, aos oito meses após o armazenamento, bem como o IVG na condição de geladeira, posteriormente, com tendência de redução até o 18º mês, quando atingiram cerca de 18% e 1,78, respectivamente. Na CF o valor em torno de 20% foi obtido ao seis meses, o que decresceu de forma linear negativa até 18 meses (0% de germinação). O ambiente LAB representou a condição menos adequada ao armazenamento dos diásporos, sendo a média de germinação aos seis meses de 8,45% e o IVG de 0,64, enquanto que os valores de diásporos mortos foram inversos aos observados para o percentual de germinação (Figura 1).

Figura 1 - (A) Porcentagem de germinação, (B) índice de velocidade de germinação (IVG) e (C) diásporos mortos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin acondicionadas em três ambientes por 18 meses





Onde: CF- Câmara fria e úmida, LAB – Ambiente de laboratório e GEL – Geladeira.

Fonte: O autor (2019).

Ao longo dos 18 meses de avaliação foram encontrados 21 gêneros de fungo, como *Alternaria* spp. (4%), *Aspergillus* spp. (27,5%), *Penicillium* spp. (31%), *Phomopsis* spp. (2,2%), *Phoma* spp. (0,75%), *Fusarium* spp. (2,9%), *Epicoccum* spp. (0,25%), *Bipolaris* spp. (0,25%), *Curvularia* spp. (1,2%), *Colletotrichum* spp. (1,1%), *Vericillium* spp. (0,1%), *Cladosporium* spp. (0,6%), *Rhizoctonia* spp. (0,1%), *Rhizopus* spp. (1,2%), *Botrytis* spp. (0,4%), *Chaetomium* spp. (0,1%) e *Pestalotiopsis* spp. (0,2%). Dentre os gêneros apresentados *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. ocorreram em todas as avaliações e tiveram significância na análise de variância ($p < 0,05$).

Os gêneros de fungos observados nesse estudo também ocorrem em sementes de outras espécies florestais nativas do sul do Brasil como *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC) Mattos (FANTINEL et al., 2013), *Acca sellowiana* (Berg) Burret (FANTINEL et al., 2017), *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart (AIMI et al., 2016a), *Bauhinia forficata* Link, *Cedrela fissilis* Vell, *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Senegalia bonariensis* (Gillies ex Hook. & Arn.) Seigler & Ebinger. (PINHEIRO et al., 2016). Nesse sentido, sementes providas de ambiente natural são propensas a contaminação por patógenos (SALES et al., 2018), sendo necessário conhecer a sanidade das sementes para auxiliar no controle da patógenos para produção de mudas (AIMI et al., 2016a).

O gênero *Alternaria* spp. teve maior ocorrência no início dos testes reduzindo ao longo do armazenamento, *Aspergillus* spp. teve médias semelhantes com redução da incidência no

ambiente CF, porém para o LAB e GEL esse gênero teve aumento na ocorrência. O gênero *Penicillium* spp. aumentou sua incidência nos três ambientes estudados, porém teve aumento expressivo na CF com 100% de ocorrência na última avaliação diferindo do LAB e GEL, em que essa não foi expressiva (Tabela 4). Conforme Carvalho e Muchovej (1991) os gêneros *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. pertencem à subdivisão Deuteromycotina a qual geralmente estão associados a sementes de espécies florestais e agrícolas.

Tabela 4 - Incidência dos principais fungos encontrados nos diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante os testes de sanidade acondicionadas em três ambientes por 18 meses

Tratamento	<i>Alternaria</i> spp. (%)			<i>Aspergillus</i> spp. (%)			<i>Penicillium</i> spp. (%)		
	Armazenamento (meses)								
	6	12	18	6	12	18	6	12	18
CF	13,0 Aa*	1,0 Ba	0 Ba	24,5 Aa	5,0 Bc	3,0 Bb	17,0 Ca	85,0 Ba	100,0 Aa
LAB	2,0 Ab	0 Aa	3,0 Aa	19,0 Ba	55,0 Aa	41,0 Aa	12,0 Aa	12,0 Ab	18,0 Ab
GEL	5,0 Ab	4,0 Aa	8,0 Aa	20,0 Aa	28,0 Ab	33,0 Aa	12,0 Aa	11,0 Ab	12,0 Ab
Média geral	4,0			27,5			31,0		
CV (%)	118,63			39,62			18,54		

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha (tempo) e minúscula na coluna (ambientes) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Em que: CF: Câmara fria e úmida; LAB: Laboratório; e GEL: Geladeira.

Fonte: O autor (2019).

As sementes fisiologicamente maduras germinaram, enquanto as demais não apresentam reserva suficiente. Isso, conseqüentemente, elevou o percentual de diásporos mortos, que diante do baixo conteúdo de reservas e presença de patógenos, entre os quais *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. afetaram a germinação. Esses fungos são considerados apodrecedores de sementes que causam sua deterioração e morte, tendo sua presença associada às condições de armazenamento inadequadas, caracterizada por maior umidade das sementes, elevada umidade relativa e da temperatura do ar (MACHADO, 1988; PISSININ et al., 2008; SANTOS; PARISI, 2011). Essas condições foram observadas nos ambientes CF e LAB, as quais podem ter elevado a proliferação dos patógenos que por consequência, prejudicaram a germinação dos diásporos pouco vigorosos desses ambientes.

Após o armazenamento em geladeira, aos 8 meses, os diásporos mantiveram-se viáveis com semelhante potencial germinativo inicial, possivelmente potencializado pela redução da umidade nesse ambiente após 6 meses de armazenamento (Tabela 3). De acordo com Gasparin et al. (2018), a conservação de sementes, tolerantes ao dessecamento, pode ser

melhorada diante da redução do grau de umidade, de modo a não comprometer a viabilidade das mesmas.

A rápida perda de viabilidade em laboratório também foi encontrada em outros estudos com sementes de espécies florestais (DOS SANTOS; DE PAULA, 2007; GASPARIN et al., 2013; SILVA et al., 2011). Teófilo et al. (2004) relataram que para *M. urundeuva* acondicionadas em sacos de papel sob condições naturais, a taxa de germinação foi de 0% aos 9 meses, bem como Caldeira e Perez (2008) destacaram a perda de viabilidade aos 6 meses para esta espécie sob as mesmas condições anteriormente citadas. Esse fato geralmente é observado em sementes ortodoxas, em que altas temperaturas e umidade relativa do ar aumentam a atividade fisiológica da sementes, acelerando a taxa de deterioração (AZEVEDO et al., 2003; SCHMIDT, 2000), para isso a redução no conteúdo de água diminui a atividade metabólica e prolonga a viabilidade (FOWLER, 2000). Nesse sentido, Guedes et al. (2012) destacaram que diásporos de *M. urundeuva* acondicionados em saco de papel kraft devem ser armazenados em geladeira para a manutenção da sua qualidade por até 240 dias. Desse modo, acredita-se que *M. balansae* apresenta diásporos tolerantes a dessecação, assim a redução da umidade dos diásporos, logo após a coleta, poderá reduzir a taxa de deterioração dos diásporos e, conseqüentemente, aumentar a longevidade.

3.4 CONCLUSÃO

O lote de sementes inicialmente possuía 12,2% de grau de umidade, peso de mil sementes de 5,85 g e cerca de 170.650 sementes kg^{-1} .

O teste de germinação de diásporos de *M. balansae* pode ser realizado no substrato sobre areia, com contagem inicial de plântulas no 7º dia e final no 28º dia após a semeadura.

O armazenamento dos diásporos pode ser realizado com grau de umidade de 10% em ambiente de geladeira por 18 meses.

A presença dos gêneros de fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., prejudicam a germinação de diásporos pouco vigorosos de *M. balansae*.

4 CAPÍTULO 2 - SUBSTRATOS E FERTILIZANTES INFLUENCIAM NO TEMPO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin: UMA ESPÉCIE AMEAÇADA NO SUL DO BRASIL

RESUMO

A produção de mudas de espécies florestais nativas no Brasil, atualmente não supre a demanda nacional. *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin (Pau-ferro-do-sul) é nativa do sul do Brasil e apresenta poucas informações sobre as técnicas de produção de mudas. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o efeito de substratos e fontes de fertilizantes na produção de mudas de *M. balansae* em viveiro. Para isso foram formulados quatro substratos com proporções de casca de arroz carbonizada (0, 20, 40 e 60%) e turfa de *Sphagnum* e quatro tipos de fertilizantes: (FLC) fertilizante de liberação controlada, Osmocote® (18-05-09, N-P₂O₅-K₂O); (FPL₁) fertilizante de pronta liberação composto por ureia, P₂O₅ e KCl (18-05-09); e FPL₂ fertilizante de pronta liberação composto por ureia, P₂O₅ e KCl (36-10-18). Aos 130 dias após a semeadura foram avaliados os atributos morfológicos: altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), comprimento radicular (CR) e área foliar (AF). Além dos atributos fisiológicos: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (relação F_v/F_m). A espécie é responsiva às fontes de fertilizantes, recomenda-se o uso de 60% de turfa de *Sphagnum* acrescido de 40% de casca de arroz carbonizada mais fertilizante de liberação controlada para a otimização das variáveis morfológicas e fisiológicas e padrão para rápida expedição das mudas ao campo.

Palavras-chave: Atributos morfológicos e fisiológicos. Pau-ferro-do-sul. Casca de arroz carbonizada. Fertilizante de liberação controlada.

CAPÍTULO 2 – SUBSTRATE AND FERTILIZERS INFLUENCE SEEDLINGS PRODUCTION TIME OF *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin: A ENDANGERED SPECIE IN SOUTH OF BRAZIL

ABSTRACT

The production of native forest species seedlings in Brazil, currently does not supply the national demand. *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin is a native of southern Brazil and presents little information of seedling production techniques. Thus, the objective of this study was to determine the effect of substrates and fertilizer sources on seedling production of *M. balansae* in nursery. Four substrates with carbonized rice husk (0, 20, 40 and 60%) and Sphagnum peat and four types of fertilizers were formulated: (FLC) controlled release fertilizer, Osmocote® (18-05-09, N-P₂O₅-K₂O); (FPL₁) ready release fertilizer composed of urea, P₂O₅ e KCl (18-05-09); and FPL₂ ready release fertilizer composed of urea, P₂O₅ and KCl (36-10-18). At 130 days after sowing, the morphological attributes were: height (H), collection diameter (DC), H / DC ratio, aerial dry matter (MSA), root dry matter (MSR), total dry matter Dickson quality index (IQD), root length (CR) and leaf area (FA). In addition to the physiological attributes: initial fluorescence (Fo), maximum fluorescence (Fm) and maximum photochemical efficiency of photosystem II (F_v/F_m ratio). The species is responsive to fertilizer sources, it is recommended the use of 60% Sphagnum peat plus 40% carbonated rice husk plus controlled release fertilizer for the optimization of morphological and physiological variables and a standard for rapid expedition of seedlings to the field.

Keywords: Morphological and physiological attributes. Pau-ferro-do-Sul. Carbonated rice husk. Controlled Release Fertilizer.

4.1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiros no Brasil, atualmente não supre a demanda nacional para plantios de diversidade, sobretudo na região sul dos biomas Mata Atlântica e Pampa (MOREIRA DA SILVA et al., 2017), onde viveiros apresentam baixa diversidade de espécies arbóreas disponíveis (TURCHETTO et al., 2016). Nesse sentido, devido a demanda de projetos ambientais (BRANCALION et al., 2012) onde apesar do potencial, espécies pouco conhecidas não são utilizadas devido à falta de informações sobre a produção de mudas. Além disso, o risco de extinção de algumas dessas espécies as considera prioridade em programas de conservação (MYERS et al., 2000).

A espécie *Myracrodruon balansae* (Engl.) Santin é nativa do sul do Brasil, Argentina e Paraguai, popularmente conhecida como pau-ferro-do-sul e pertence à família Anacardiaceae, apresenta indivíduos que podem chagar até 25,0 m de altura e 140 cm de diâmetro (DAP), em idade adulta sua madeira possui densidade de 1,25 g/cm³, tendo amplo uso em construções rurais (CARVALHO, 2008). Devido a esses fatores a espécie foi

explorada durante o século passado (LONGHI, 1987), levando a redução dos fragmentos florestais nativos e atualmente é descrita na categoria em risco de extinção (EN) (MARTINELLI; MORAES, 2013). Devido ao contexto atual em que a espécie se encontra, são necessários estudos que visam a padronização da produção de mudas com qualidade morfológica e fisiológica.

Para a produção de mudas alguns fatores como substrato e fertilizantes devem ser considerados (WALKER et al., 2011; AIMI et al., 2016b). Nesse contexto, um substrato ideal deve ter boas condições biológicas, físicas e químicas, como por exemplo reter água e permitir a difusão de oxigênio para as raízes (BARRETT et al., 2016; FERMINO, 2014; KÄMPF, 2005; KERN et al., 2017). A fertilidade dos substrato é um fator crítico para a produção de mudas em viveiro, tendo em vista que esse deve fornecer nutrientes ao longo do período de produção, para isso os produtores podem optar por fertilizantes de pronta liberação, liberação controlada ou compostagem, dependendo do tipo de produção (JACOBS; LANDIS, 2009).

Devido a disponibilidade e características físicas a turfa de *Sphagnum* (*Peat moss*) é amplamente utilizada para a produção de mudas, porém o uso de outros produtos orgânicos em adição a turfa podem otimizar a produção com redução de custos. Nesse sentido, a substituição parcial desse material pode ser feita com o uso de materiais orgânicos disponíveis na região (LANDIS; MORGAN, 2009), como é o caso da casca de arroz carbonizada, material orgânico disponível no sul do Brasil, o qual, pode ser utilizado juntamente com a turfa na produção de mudas de espécies florestais (GONZÁLEZ-OROZCO et al., 2018; HEISKANEN, 2013; MIETH et al., 2018).

Para a produção de diferentes espécies é ideal que se avalie o efeito combinado dos fatores do substrato e fertilizante (BARRETT et al., 2016), pois as plantas apresentam diferentes demandas quanto ao tipo de substrato e fertilizante, bem como esses fatores resultarão em diferenças entre os atributos morfológicos e fisiológicos (AIMI et al., 2016b; GROSSNICKLE, 2012; MEZZOMO et al., 2017; SAIDELLES et al., 2009).

O efeito da formulação dos substratos e tipos de fertilizantes nas características morfológicas e fisiológicas, assim como o tempo necessário para produção de mudas de *M. balansae* foi pouco estudado. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o efeito de substratos e fontes de fertilizantes na produção de mudas de *M. balansae* em viveiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de setembro de 2016 a janeiro de 2017, no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (DCFL/UFSM), Santa Maria, RS. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo “Cfa” (ALVARES et al., 2013). Os diásporos de *M. balansae* foram coletadas em março de 2016, oriundos de sete árvores matrizes localizadas no município de Unistalda, RS. Após a coleta os diásporos foram colocados em embalagens dentro de tambores de papel kraft e armazenados até o início do experimento em câmara fria úmida, com temperatura média de 10 °C e cerca de 80% de umidade relativa do ar.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4 (substratos x fertilizantes), com quatro repetições de 24 mudas cada, totalizando 16 tratamentos. Os substratos foram compostos por substrato comercial Carolina Soil[®] (conforme o fabricante composto por turfa de *Sphagnum* e vermiculita expandida), sendo adicionado as diferentes proporções (20 a 60%) de casca de arroz carbonizada (CAC). Os fertilizantes utilizados foram: a) fertilizante de liberação controlada (FLC) Osmocote[®], formulação de 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O); b) fertilizante de pronta liberação (FPL₁) composto por ureia, P₂O₅ e KCl (18-05-09); c) o FPL₂ composto por ureia, P₂O₅ e KCl (36-10-18); e d) controle sem aplicação de fertilizante (Tabela 5). Para definição da quantidade de fertilizantes, tomou-se como base a dosagem definida pelo fabricante do fertilizante de liberação controlada (Osmocote[®]), a mesma dosagem na forma de pronta liberação (FPL₁).

Tabela 5 - Descrição dos tratamentos utilizados na produção de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin. em casa de vegetação no Viveiro Florestal, Santa Maria, RS

Substrato	Fertilizante
SC100 – 100% substrato comercial	Controle – Sem fertilizante
SC80 – 80% SC e 20% de casca de arroz carbonizada (CAC)	FLC – fertilizante de liberação controlada Osmocote [®] , 18-05-09 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) 6 g L ⁻¹
SC60 – 60% SC e 40% CAC	FPL ₁ – 187 g de ureia, 133 g de superfosfato simples (P ₂ O ₅) e 72 g de cloreto de potássio (K ₂ O) por m ³ de substrato*
SC40 – 40% SC e 60% CAC	FPL ₂ – 373 g de ureia, 267 g de super fosfato simples (P ₂ O ₅) e 145 g de cloreto de potássio (K ₂ O) por m ³ de substrato*

*Com base na dosagem de nutrientes do fertilizante de liberação controlada. Sendo: SC: Substrato comercial, CAC: Casca de arroz carbonizada, FLC: Fertilizante de liberação controlada, FPL: Fertilizante de pronta liberação.

Fonte: O autor (2019).

Os recipientes utilizados foram do tipo tubete cônico de polipropileno com volume de 180 cm³, em bandejas de 54 células, sendo utilizada meia bandeja. Após a preparação dos substratos os tubetes foram envazados e os substratos utilizados foram enviados para análise física, conforme Instrução normativa n° 17 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007; FERMINO, 2003) (Tabela 6).

Foram semeados três diásporos por tubete, em seguida as bandejas foram levadas para casa de vegetação onde receberam irrigação diária de 8 mm dia⁻¹. Aos 30 dias após a semeadura (D.A.S.) foi realizado o raleio, eliminando as plântulas excedentes, deixando apenas uma por recipiente. Aos 130 D.A.S. foram avaliados os atributos morfológicos e fisiológicos. A medição da altura (H) foi realizada com régua (cm), e o diâmetro do coleto (DC) com paquímetro digital (mm), sendo obtida a relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). Além disso, avaliou-se também a matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), comprimento radicular (CR) e área foliar (AF). Para isso as mudas foram divididas em parte aérea e radicular, o sistema radicular foi lavado em água corrente com peneira de 0,84 mm de malha, as amostras da parte aérea e radicular foram colocadas em embalagens de papel kraft e secas em estufa com circulação de ar forçado a 65 °C até atingirem peso constante, após as amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção da matéria seca. Para a área foliar e comprimento radicular as folhas e as raízes foram distribuídas sobre papel branco A4, prensadas por vidro e fotografadas, com câmera digital com zoom de 1.4, apoiada em uma estrutura com altura fixa de 0,18 m. Após as imagens foram processadas no programa Image J[®], obtendo-se a área foliar e o comprimento radicular.

Para a determinação da fluorescência da clorofila *a* foi utilizado o fluorômetro portátil (Junior-Pam Chlorophyll Fluorometer Walz) em folhas completamente expandidas de quatro mudas por tratamento. As folhas foram previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos com o uso de papel alumínio. Após, as mesmas foram expostas a pulsos de luz saturada com comprimento de onda induzida pela luz vermelha de, aproximadamente, 3.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo obtidos os sinais de fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), para determinação da eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) obtido por meio da razão da fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ($p < 0,05$) e os resíduos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para a análise dos pressupostos de normalidade da distribuição dos erros e da homogeneidade de variâncias, respectivamente. As variáveis H, MSA, MST, MSR, H/DC, IQD, CR não atenderam os pressupostos de

normalidade e homogeneidade, nesse caso foi utilizada transformação Box Cox pelo pacote *forecast* (HYNDMAN et al., 2018) do software *R* (R CORE TEAM, 2018). Sendo aplicado um valor de lambda de 0,05; 0,2; 0,35; 0,5; -0,19; 0,65; 0,35 respectivamente. As representações dos resultados, para os dados transformados foram realizados com os valores originais.

Posteriormente, quando detectada a diferença entre os tratamentos os dados foram submetidos ao teste Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o pacote *ExpDes.pt* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2013) do software *R* (R CORE TEAM, 2018).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Análise das características físicas e químicas dos substratos

As características físicas dos substratos variaram com as proporções de casca de arroz carbonizada (CAC) (Tabela 6). A densidade seca reduziu aumentado a porosidade total e o espaço de aeração. A água facilmente disponível, entretanto, demonstrou que o maior volume pode ser mantido no SC80 ($0,22 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$). A água tamponante e remanescente decresceram do SC100 para o SC49. Além disso, resultados da análise química indicaram maior condutividade elétrica no SC80 ($0,21 \text{ dS cm}^{-1}$), apesar do menor pH (5,10).

Tabela 6 - Características físicas do substratos utilizados para a produção de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin., em casa de vegetação, Santa Maria, RS

Substratos	DS	PT	EA	AFD	AT	AR	CE	pH
	g L^{-1}	----- m^3m^{-3} -----					dS cm^{-1}	H_2O
SC100	144*	0,73	0,10	0,13	0,13	0,63	0,19	5,10
SC80	141	0,89	0,23	0,22	0,11	0,67	0,21	5,10
SC60	131	0,86	0,33	0,19	0,07	0,52	0,09	5,70
SC40	134	0,94	0,46	0,19	0,07	0,49	0,17	5,45

*Médias para densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), água remanescente (AR), condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH).

Fonte: O autor (2019).

4.3.2 Atributos morfológicos e biomassa

Ocorreu interação significativa entre os níveis de substrato e fertilizantes ($p < 0,05$) para os atributos morfológicos das plantas, altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 7 e Figura 2).

O tempo de produção de mudas foi de 130 dias nos melhores tratamentos, as maiores médias nos atributos morfológicos foram observadas sem o uso de casca de arroz carbonizada (SC100) mais fertilizante de liberação controlada (FLC), não diferindo dos tratamentos SC80 e SC60 associados ao FLC. O uso de 60% de casca de arroz carbonizada (SC40) sem a aplicação do fertilizante (controle) apresentou as menores médias para as variáveis morfológicas (Tabela 7 e Figura 2). A matéria seca total apresentou a maior média com o uso de SC100 e FLC, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 7 e Figura 2).

Figura 2 - Aspecto geral das mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin produzidas com quatro formulações de substrato e tipos de fertilizantes aos 130 dias após a semeadura



sendo: i) 100% substrato comercial + FLC – fertilizante de liberação controlada Osmocote®, 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O) 6 g L⁻¹/ FPL₁ - 187 g de ureia, 133 g de superfosfato simples (P₂O₅) e 72 g de cloreto de potássio (K₂O) por m³ de substrato/ FPL₂ - 373 g de ureia, 267 g de superfosfato simples (P₂O₅) e 145 g de cloreto de potássio (K₂O) por m³ de substrato/ Controle – Sem fertilizante ii) SC80 – 80% SC e 20% de casca de arroz carbonizada + FLC / FPL1/FPL2 / Controle; iii) SC60 – 60% SC e 40% de casca de arroz carbonizada + FLC / FPL1/FPL2 / Controle; iv) SC40 – 40% SC e 60% de casca de arroz carbonizada + FLC / FPL1/FPL2 / Controle.

Fonte: O autor (2019).

Tabela 7 - Atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin., produzidas em diferentes substratos e fertilizantes, em casa de vegetação 130 dias após a semeadura, Santa Maria, RS

Atributos	Substratos	Fertilizantes			
		Controle	FLC	FPL ₁	FPL ₂
Altura (cm)	SC100	3,18 Ca*	26,34 Aa	10,62 Ba	12,06 Ba
	SC80	3,03 Ca	24,67 Aa	9,25 Ba	8,48 Bb
	SC60	2,59 Ca	23,96 Aa	8,98 Ba	8,17 Bb
	SC40	2,21 Ba	12,09 Ab	5,14 Bb	5,57 Bb
	Média			10,40	
	CV (%)			19,58	
Diâmetro do coleto (mm)	SC100	1,51 Ca	4,14 Aa	3,11 Ba	3,16 Ba
	SC80	1,63 Ca	4,11 Aa	2,90 Bb	2,7 Bb
	SC60	1,20 Cb	3,93 Aa	2,64 Bb	2,34 Bb
	SC40	1,13 Bb	2,33 Ab	2,04 Ac	2,21 Ac
	Média			2,57	
	CV (%)			8,94	
Matéria seca aérea (g)	SC100	0,12 Ca	3,17 Aa	0,84 Ba	0,89 Ba
	SC80	0,12 Ca	2,87 Aa	0,63 Ba	0,67 Bb
	SC60	0,05 Cb	2,57 Aa	0,81 Ba	0,67 Bb
	SC40	0,03 Cc	0,83 Ab	0,34 Bb	0,46 Bb
	Média			0,94	
	CV (%)			24,23	
Matéria seca radicular (g)	SC100	0,25 Ca	2,57 Aa	1,25 Ba	1,39 Ba
	SC80	0,38 Ca	1,82 Aa	1,27 Ba	1,34 Bb
	SC60	0,07 Ca	1,43 Aa	1,05 Ba	1,05 Bc
	SC40	0,04 Ca	0,4 Bb	0,79 Ab	0,68 Bc
	Média			0,98	
	CV (%)			33,71	
Matéria seca total (g)	SC100	0,36 Ca	5,74 Aa	2,09 Ba	2,28 Ba
	SC80	0,51 Ca	4,69 Ab	1,90 Ba	2,01 Ba
	SC60	0,12 Cb	4,00 Ab	1,87 Ba	1,71 Bb
	SC40	0,07 Bb	1,22 Ac	1,13 Ab	1,15 Ac
	Média			1,93	
	CV (%)			23,51	
Índice de qualidade de Dickson	SC100	0,22 Ca	0,75 Aa	0,42 Ba	0,53 Ba
	SC80	0,14 Ba	0,62 Aa	0,52 Aa	0,58 Aa
	SC60	0,04 Bb	0,51 Aa	0,45 Aa	0,42 Aa
	SC40	0,02 Bb	0,16 Bb	0,38 Aa	0,37 Aa
	Média			0,38	
	CV (%)			31,24	

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Sendo: SC100 Substrato comercial; SC80 80% substrato com comercial 20% casca de arroz carbonizada; SC60 60% substrato com comercial 40% casca de arroz carbonizada; SC40 40% substrato com comercial 60% casca de arroz carbonizada; FLC Osmocote®, formulação de 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O): FPL₁ fertilizante de pronta liberação, P₂O₅ e KCl (18-05-09): FPL₂, P₂O₅ e KCl (36-10-18). CV: Coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

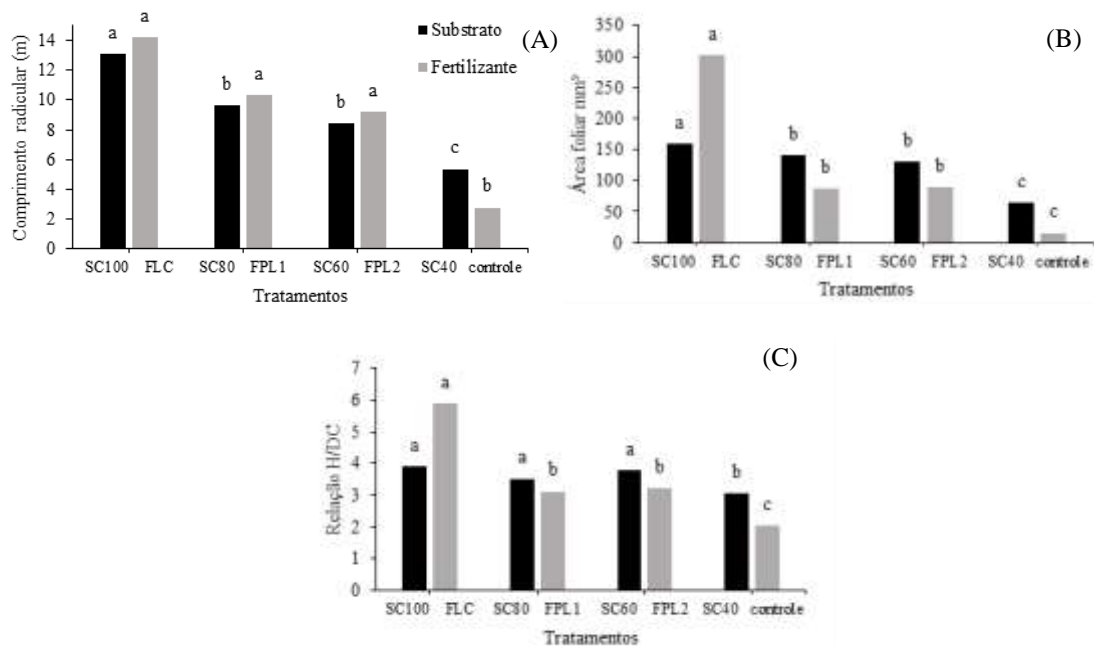
Para os atributos morfológicos comprimento radicular (CR), área foliar (AF), relação H/DC não ocorreu interação significativa entre os níveis de substrato e fertilizantes ($p < 0,05$), apenas diferença para os fatores isolados (Figura 3).

O substrato SC100 apresentou a maior média para CR (13,10 m) com crescimento 144% superior ao observado com o uso do substrato (SC40) 5,36 m. Os fertilizantes FLC, FPL₁ e FPL₂ não diferiram entre si, mas foram superiores ao Controle (Figura 3A).

A maior média para AF foi obtida com o uso do substrato SC100 (158,0 mm²) e a menor no substrato SC60 (64,0 mm²). Do mesmo modo que, o FLC foi favorável a expansão da área foliar (302,0 mm²), enquanto que o controle apresentou redução de 15,6 mm² (Figura 3B).

Para a relação H/DC a maior média foi observada no substrato SC100 (3,91 cm/mm) não diferindo de SC80 e SC60. Para o fertilizante a maior média foi obtida com o uso de FLC (5,89 cm/mm) e a menor no controle (2,02 cm/mm) (Figura 3C).

Figura 3 - Efeito de diferentes substratos e tipos de fertilizantes nos parâmetros morfológicos comprimento radicular, área foliar e relação H/DC de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 130 dias após a semeadura



*Médias das variáveis analisadas pelo teste de comparação de médias Scott-Knott ($p < 0,05$). Onde: SC100 Substrato comercial; SC80 - 80% substrato com comercial + 20% casca de arroz carbonizada; SC60 - 60% substrato com comercial + 40% casca de arroz carbonizada; SC40 - 40% substrato com comercial + 60% casca de arroz carbonizada; FLC - Osmocote®, 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O); FPL₁ - fertilizante de pronta liberação, P₂O₅ e KCl (18-05-09); FPL₂ - P₂O₅ e KCl (36-10-18).

Fonte: O autor (2019).

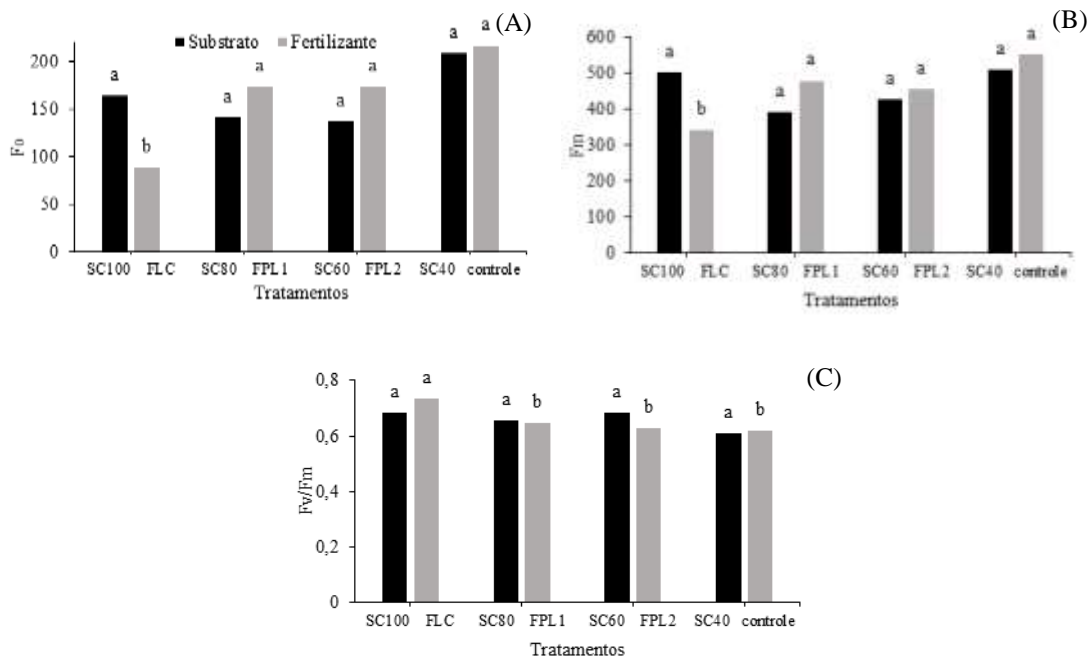
4.3.3 Atributos fisiológicos F_o , F_m e relação F_v/F_m

Os atributos fisiológicos fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) não apresentaram interação significativa entre os níveis de substrato e fertilizantes ($p < 0,05$) (Figura 3).

A fluorescência inicial (F_o) não diferiu estatisticamente dos demais substratos utilizados. O tratamento controle para o fator fertilizante apresentou os maiores valores de F_o 215,72, não diferindo do FPL_1 e FPL_2 , o FLC apresentou a menor média (Figura 4A). Os valores de F_m não diferiram entre os tipos de substratos utilizados, mas o controle apresentou a maior média (509,29). Quanto ao tipo de fertilizante o maior valor de F_m foi obtido no controle (553,79) não diferindo estatisticamente do FPL_1 e FPL_2 , já a menor média foi obtida com o uso de FLC (Figura 4B).

A eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) não diferiu entre os substratos utilizados, obtendo valores próximos a 0,7. Quanto a fonte de fertilizante, o FLC proporcionou o maior rendimento quântico (0,735) diferindo dos demais, sendo as menores médias obtidas nas demais fontes de fertilizante e no controle (Figura 4C).

Figura 4 - Efeito do substrato e fertilizante nos parâmetros fisiológicos fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) de mudas de *Myracrodruon balansae* aos 130 dias após a semeadura



*Médias das variáveis analisadas pelo teste de comparação de médias Scott-Knott ($p < 0,05$). Onde: SC100 - Substrato comercial; SC80 - 80% substrato comercial + 20% casca de arroz carbonizada; SC60 - 60% substrato comercial + 40% casca de arroz carbonizada; SC40 - 40% substrato comercial + 60% casca de arroz carbonizada. FLC Osmocote®, formulação de 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O); FPL₁ - fertilizante de pronta liberação, P₂O₅ e KCl (18-05-09); FPL₂ - P₂O₅ e KCl (36-10-18). Fonte: O autor (2019).

4.4 DISCUSSÃO

A qualidade das mudas é expressa pelas melhores características fisiológicas e morfológicas após o período de produção (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018; TIAN et al., 2017). O experimento foi encerrado aos 130 dias, oportunizando mudas de qualidade superior em tempo menor do que o descrito em estudos com outras espécies nativas, cujo tempo de produção variou de 150 até 250 dias (AIMI et al., 2016; FARIA et al., 2017; GASPARIN et al., 2015; ROSSA et al., 2013; SAIDELLES et al., 2009). Os resultados demonstram que tanto a formulação do substrato como o tipo de fertilizante influenciaram nas características morfológicas e fisiológicas da mudas de *M. balansae*.

Para o adequado desenvolvimento das mudas um substrato deve apresentar, pH intermediário, boa capacidade de aeração e um alta capacidade de disponibilizar água (KERN et al., 2017). Nesse sentido, a densidade seca ideal para produção de mudas em tubetes varia de 100 a 300 g L⁻¹ (KÄMPF, 2005), característica que foi evidenciada em todas formulações de substrato estudadas (Tabela 6).

Os substratos devem apresentar valores de porosidade total em torno de 0,85 m³ m⁻³ (DE BOODT; VERDONCK, 1972; FERMINO; MIETH, 2018), valores bem próximos a esse foram observados nos SC80 e SC60, entretanto, menores e maiores, respectivamente, obteve-se no SC100 e SC40. A maior porosidade total observada no SC40, destaca-se pelo elevado volume de macroporos, que ao aumentar o espaço de aeração ocasiona a menor retenção de água no substrato e, conseqüentemente, às plantas (GONÇALVES et al., 2000b; MARIA; ELOY, 2009). Mieth et al. (2018) avaliando o uso de caroço de pêssego triturado adicionado a turfa para produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden, constataram valores de porosidade em torno de 0,70 m³ m⁻³ no melhor tratamento, corroborando com os valores encontrados nos substratos SC100, SC80 e SC60 (Tabela 6).

Diretamente associada a porosidade total está a disponibilidade de ar e água presentes no substrato (FARIA et al., 2017; HEISKANEN, 2013), o que varia de acordo com o tipo e volume dos componentes utilizados. No caso de substratos com maiores proporções de casca de arroz carbonizada, é possível observar baixa capacidade de retenção de água, o que demanda irrigações mais frequentes (AKLIBASINDA et al., 2011; WENDLING; GUASTALA; DEDECK, 2007), em menor intensidade, para que se mantenha a água facilmente disponível a planta em nível adequado.

Das características químicas de um substrato o pH e a CE são as variáveis mais facilmente utilizadas para inferir sobre a qualidade do mesmo (KERN et al., 2017; REGAN,

2013). Conforme Bailey, Fonteno e Nelson (2000) para substratos orgânicos, sem o uso de solo, o intervalo de pH recomendado é 4,4 a 6,2, limites esses que contemplam os valores encontrados em todos substratos estudados (Tabela 6). Por outro lado, Carlile, Cattivello e Zaccheo (2015) recomendarem que o pH deve apresentar valores entre 5,5 e 6,5, limites que consideramos excessivos em nosso estudo, com base no desempenho das plantas produzidas em combinações como SC100 e SC80 com FLC. O valor ideal de pH pode variar e deve ser avaliado e ajustado em função da espécie (REGAN, 2013).

A CE está associada ao teor de sais solúveis, que por consequência reduzem o potencial osmótico, limitando a disponibilidade de água para as plantas (BELDA; MENDOZA-HERNÁNDEZ; FORNES, 2013), nesse sentido elevados valores de CE podem causar efeitos negativos no desempenho das plantas (GONG et al., 2018). Gonçalves et al. (2000) relataram como valores menores que 1.0 dS m^{-1} ideais para substratos, os valores observados em nosso estudo ficaram acima desse valor, exceto para o SC80. Mieth et al. (2018) também observaram valores acima de 1.0 dS m^{-1} os quais não prejudicaram o desenvolvimento das plantas durante a fase de produção.

Os substratos SC100, SC80 e SC60 acrescidos de FLC proporcionaram resultados mais adequados para as variáveis morfológicas H, DC, MSA, MSR, MST, CR, IQD e relação H/DC. O substrato turfa de *Sphagnum* possui características favoráveis à produção de mudas, como a adsorção e liberação de nutrientes, alta aeração, baixa densidade aparente e alta capacidade de absorção de água (BARRETT et al., 2016; BOUDREAULT et al., 2014), porém o uso de doses adequadas de casca de arroz carbonizada, é benéfico e proporciona boas condições às mudas (FARIA et al., 2017), reduzindo assim o custo de produção. Saidelles et al. (2009) testando substratos para produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. observaram que doses de 50% casca de arroz carbonizada adicionadas à terra de subsolo proporcionaram bons atributos morfológicos. Kratz e Wendling (2013) encontraram maior produção de biomassa em *Eucalyptus dunnii* Maiden em um substrato com 50% CAC acrescido de 50% de vermiculita média. Por outro lado, para espécies mais exigentes no consumo de água, elevadas taxas de CAC não favorecem o crescimento (OLIVEIRA et al., 2008), devido ao escoamento da água e aumento da porosidade (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002), esse fato pode explicar o menor desenvolvimento das plantas no SC40, confirmado pelos valores da porosidade total e espaço de aeração (Tabela 6).

O uso de FLC para a produção de mudas de espécies florestais nativas tem demonstrado ganhos significativos para o crescimento das mudas quando comparado com

FPL (AIMI et al., 2016b; GASPARIN et al., 2015; ROSSA et al., 2015). Devido as características do FLC, a liberação gradual dos nutrientes reduz a lixiviação, mantendo o nutriente no substrato por mais tempo (JACOBS; LANDIS, 2009), apesar dessas características, a elevada porosidade total e espaço de aeração do SC40, facilitou a perda de água do substrato e, conseqüentemente, a lixiviação dos nutrientes disponibilizados tanto pelo FLC como pelo FPL, reduzindo assim crescimento de mudas de *M. balansae*. Gonçalves e Poggiani (1996), destacaram que o excesso de CAC reduz a capacidade de retenção de água do substrato, aumenta o pH, podendo provocar deficiências de micronutrientes e estresse em plantas.

A fluorescência da clorofila *a* é um eficiente método não destrutivo para avaliação de estresse em plantas (BORAWSKA-JARMUŁOWICZ et al., 2014; DĄBROWSKI et al., 2015; PAKNEJAD et al., 2007). O aumento nos valores de F_o e F_m bem como a redução do valor médio de F_v/F_m , demonstram que alta quantidade de casca de arroz carbonizada e a baixa disponibilidade de nutrientes reduzem o crescimento de *M. balansae*. Os melhores resultados obtidos com o FLC mais SC100 e SC80 reforçam que a espécie responde de forma satisfatória a disponibilidade de nutrientes, pois conforme Dąbrowski et al. (2015) para que a fluorescência da clorofila *a* ocorra deve existir perda de energia fotossinteticamente ativa no complexo antena da membrana do tilacóide, nesse sentido baixos níveis de nutrientes ou doses excessivas de casca de arroz carbonizada podem ocasionar estresse dessas plantas prejudicando o crescimento

O valor de F_v/F_m é o mais importante dos parâmetros da fluorescência, sendo que sob condições normais esse índice apresenta valores em torno de 0,8 a 0,84 (FU; LI; WU, 2012), porém pode apresentar decréscimo nos valores quando as plantas são expostas algum tipo de estresse (PAKNEJAD et al., 2007). O declínio da relação F_v/F_m é um bom indicador de dano fotoinibitório de plantas estressadas (BAKER; ROSENQVIST, 2004; SU et al., 2015). Os resultados desse estudo demonstram que as plantas que foram fertilizadas com FLC apresentaram o maior valor médio de F_v/F_m 0,74, que foi reduzindo até o tratamento controle e SC40 com 0,61 e 0,62, respectivamente. Essa redução no valor de F_v/F_m pode estar relacionada à redução do conteúdo de clorofila nas folhas das plantas pela falta de nutrientes (CAMBROLLÉ et al., 2015) ou devido a drenagem aferida ao substrato ocasionada pelo uso da maior proporção de CAC (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002). Por outro lado, estudo realizado em plantas nativas da região apresentaram valores de F_v/F_m em torno de 0,55, no qual os autores consideram um bom indicador da qualidade fisiológica dessas plantas (TURCHETTO et al., 2016).

Para as condições do estudo, a produção de mudas de *M. balansae* realizada em torno de 130 dias é viável, tendo em vista que algumas espécies demoram até 250 dias para a expedição (ROSSA et al., 2013), demonstrando o potencial dessa espécie. Além disso, a busca pela redução nos custos de produção, leva os produtores a escolherem componentes dos substratos disponíveis na região (HEISKANEN, 2013; KERN et al., 2017), nesse sentido o uso de até 40% de casca de arroz carbonizada acrescida de 6 g L⁻¹ fertilizante de liberação controlada pode ser indicado para a produção de mudas de *M. balansae*.

4.5 CONCLUSÃO

A espécie é responsiva ao fertilizante, bem como baixos níveis de fertilizante prejudicam o seu desenvolvimento e crescimento.

As mudas de *M. balansae* após 130 dias de condução em viveiro, apresentam qualidade morfológica e fisiológica para serem levadas a campo.

A casca de arroz carbonizada pode ser utilizada para produção de mudas de *M. balansae* quando misturada ao substrato comercial Carolina Soil® a base de turfa de *Sphagnum*, nas proporções de até 40% e acrescido de fertilizante de liberação controlada 6 g L⁻¹.

5 CAPÍTULO 3 - DOSES DE NITROGÊNIO E OCORRÊNCIA DE GEADAS INFLUENCIAM O DESENVOLVIMENTO INICIAL NO CAMPO DE PLANTAS DE *Myracrodruon balansae* (Engler). D A. Santin?

RESUMO

No Brasil muitas espécies arbóreas apresentam risco de serem extintas sem que se conheça o seu potencial ecológico e econômico. Assim, o plantio no campo dessas espécies pode ser considerado uma estratégia para a conservação. *Myracrodruon balansae* (Engler). D A. Santin (pau-ferro-do-sul), pertence à família Anacardiaceae, espécie nativa do sul do Brasil com distribuição natural em menos de 500 km² em ecótono dos biomas Mata Atlântica e Pampa. A espécie possui poucas informações sobre seu desempenho em plantios. Assim, essa pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de *M. balansae* sob diferentes doses de nitrogênio, assim como a resiliência a ocorrência de geadas na fase inicial de plantio. Os tratamentos utilizados foram 0, 50, 100, 200 kg de ureia ha⁻¹. Aos 180 dias após o plantio foram avaliados os atributos morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC) e sobrevivência e as variáveis fisiológicas fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (relação F_v/F_m), clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. O crescimento em altura e diâmetro do coleto aos 180 dias após o plantio foi de 107,0 cm e 15,26 mm, respectivamente na dose de 50 kg de ureia ha⁻¹ e a sobrevivência foi de 98%. Porém, aos 270 dias após o plantio as mudas foram danificadas pela ocorrência de geada, por esse motivo foi avaliada a sensibilidade da espécie e a resiliência por meio da H, DC, número de brotos. A espécie foi caracterizada como sensível à geada quando cultivada em locais propensos, porém apresenta resiliência satisfatória no primeiro ano de plantio quando utilizada a adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Pau-ferro-do-sul. Plantio a campo. Risco de extinção. Fatores climáticos. Anacardiaceae.

CAPÍTULO 3 - NITROGEN DOSES AND FROST OCCURRENCE INFLUENCE THE INITIAL DEVELOPMENT OF *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin IN FIELD?

ABSTRACT

In Brazil many tree species are at risk of extinction without their ecological and economic potential being known. Thus, planting in the field of these species can be considered a strategy for conservation. *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, belongs to the family Anacardiaceae, a native species of southern Brazil with a natural distribution in less than 500 km² in ecotone of the Mata Atlântica and Pampa biomes. The species has little information about its performance in plantations. Thus, this research had as objective to evaluate the initial growth and development of *M. balansae* under different nitrogen rates, as well as the resilience to the occurrence of frost in the initial phase of planting. The treatments used were 0, 50, 100, 200 kg of urea ha⁻¹. At 180 days after planting, the morphological attributes height (H), collection diameter (DC) and survival and the physiological variables initial fluorescence (Fo), maximum fluorescence (Fm), maximum photochemical efficiency of photosystem II (F_v/F_m ratio), chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids. The growth in height and diameter of the collection at 180 days after planting was 107.0 cm and 15.26 mm, respectively at the dose of 50 kg of urea ha⁻¹ and survival was 98%. However, at 270 days after planting the seedlings were damaged by the occurrence of frost, for this reason the sensitivity of the species and the resilience were evaluated by means of the H, DC, number of shoots. The species was characterized as sensitive to frost when cultivated in prone locations, but presents satisfactory resilience in the first year of planting when nitrogen fertilization was used.

Keywords: Pau-ferro-do-sul. Field planting. Risk of extinction. Climatic factors. Anacardiaceae.

5.1 INTRODUÇÃO

Estima-se que o Brasil possua cerca de 33.279 espécies arbóreas (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2019) distribuídas em biomas considerados *hotspots* para a conservação ambiental (MYERS et al., 2000). Entre essas espécies, algumas foram pouco estudadas ou se encontram sob grau de ameaça de extinção, como é o caso de *M. balansae* (Engler) D. A. Santin (pau-ferro-do-sul), espécie arbórea da família Anacardiaceae, que tem sua distribuição natural em menos de 500 km² em ecótono dos biomas Mata Atlântica e Pampa, descrita em perigo de extinção (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Dentre os fatores responsáveis pela extinção de espécies estão as mudanças climáticas, destruição e redução de habitat (BAILLIE et al., 2004; THOMAS et al., 2004). Nesse sentido,

espécies que ocorrem em áreas com redução de sua população natural devem ser prioritárias em programas de conservação (MYERS et al., 2000).

O plantio de espécies nativas em suas áreas naturais pode ser considerado uma iniciativa à sua conservação, entretanto fatores climáticos como frio ou seca, assim como a tolerância a esses fenômenos, pode representar função “chave” para que se obtenham melhores resultados de crescimento e desenvolvimento (EWERS et al., 2003; RORATO et al., 2018b; SEBASTIAN-AZCONA et al., 2019).

A região de ocorrência natural de *M. balansae* possui solos rasos a mediamente profundos, classificados como Neossolo regolítico distrófico úmbrico (STRECK et al., 2008) e invernos rigorosos, com temperaturas nos meses mais frios que variam de -3 a 18 °C (ALVARES et al., 2013), condições essas que podem ser limitantes para o plantio da espécie. No entanto, essas informações ainda são incipientes, bem como a necessidade de adubação no desempenho inicial em plantios na sua área de ocorrência natural.

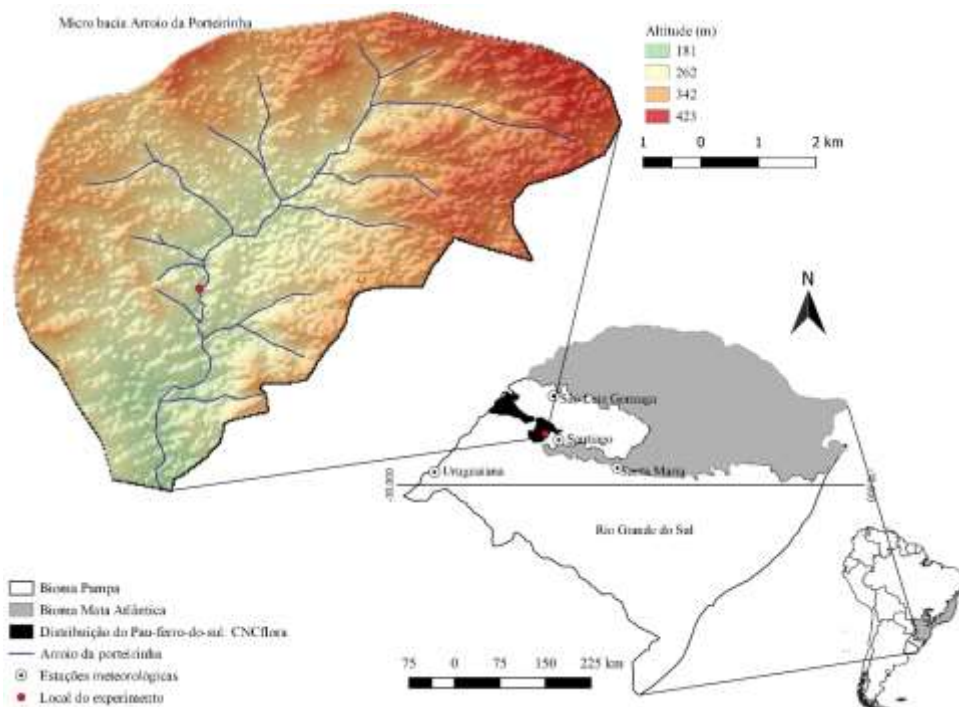
Os reflorestamentos com espécies nativas contribuem para recuperação de áreas degradadas, manutenção de reservas legais e áreas de preservação permanente (CAMPOE; STAPE; MENDES, 2010), embora para muitas espécies os tratos culturais e a demanda de fertilizantes ainda são desconhecidos (REIS et al., 2012). O uso de fertilizantes em plantios é importante, pois esses fornecem nutrientes que proporcionam o crescimento das plantas (PINNO et al., 2012; SLOAN; JACOBS, 2013). Ainda que alguns autores considerem o uso de fertilizantes e tratos culturais práticas de baixo custo benefício, devido ao elevado preço (CARPENTER et al., 2004), estudos relacionados ao uso de fertilizantes e silvicultura intensiva tem demonstrado que esses tratos aceleram o crescimento das plantas, além de reduzir a taxa de mortalidade (CAMPOE; STAPE; MENDES, 2010; STAPE; BINKLEY; RYAN, 2008).

Dentre os nutrientes essenciais disponíveis para uso em plantios está o nitrogênio, que é responsável pela formação de aminoácidos e proteínas bem como acelerar o crescimento (KALAJI et al., 2016; TAIZ et al., 2017), porém as respostas das plantas ao uso desse nutriente variam de acordo com o tipo de solo, doses e taxa de absorção de cada espécie (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Assim, a dose ideal favorece o crescimento na mesma proporção que reduz os custos com manutenção do plantio (CARVALHO et al., 2016). Tendo em vista o potencial de uso da espécie, a sua ameaça de extinção e a falta de informações sobre o seu plantio no campo, o objetivo desse estudo foi avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de *M. balansae* sob diferentes doses de nitrogênio, assim como a resiliência a ocorrência de geadas na fase inicial de plantio.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em setembro de 2017 no município de Unistalda, RS (29°04'57'' S e 55°05'85'' O), localizado a 230 metros de altitude (Figura 5). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação média anual de 2.000 mm e temperaturas nos meses mais frios de -3 a 18 °C (ALVARES et al., 2013). Durante os seis primeiros meses do experimento a precipitação média mensal foi de 168,9 mm. O solo da área é classificado como Neossolo regolítico distrófico húmbrico (STRECK et al., 2008). Para caracterização dos atributos químicos do solo, realizou-se a coleta na camada de 0-20 cm de amostras simples que foram misturadas em uma amostra composta e encaminhada para análise no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (Apêndice J). Os dados meteorológicos de temperaturas diárias mínimas durante o outono e inverno de 2018 foram obtidas pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), com base na estação meteorológica do município de Santiago, RS (Figura 5), localizada a uma distância de 26 km da área de plantio (Figura 5).

Figura 5 - Mapa das estações meteorológicas e experimento com plantas *de Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin na micro bacia do arroio da Porteirinha, Unistalda, RS



Fonte: O autor (2019).

O experimento foi realizado em delineamento blocos ao acaso, considerando quatro níveis de nitrogênio equivalente a 0, 50, 100 e 200% da recomendação utilizada para o gênero *Eucalyptus* de acordo com o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). Como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia composta de 45% de N nas seguintes dosagens (0, 50, 100, 200 kg de ureia ha⁻¹) com quatro repetições por tratamento, totalizando 16 unidades experimentais, com 16 plantas cada, das quais foram avaliadas as quatro centrais.

O plantio foi realizado em área onde previamente era cultivado milho sob sistema convencional de plantio e recentemente utilizada para pastagem de gado. Inicialmente, efetuou-se a limpeza total da área com roçadeira e o controle de formigas cortadeiras, por meio de iscas granuladas a base de Sulfluramida, distribuídas de forma sistemática em toda a área do experimento. Posteriormente, foram abertas covas com auxílio de cavadeira manual (15 cm diâmetro x 20 cm profundidade) em espaçamento de 2 m x 2 m. As mudas utilizadas no experimento foram produzidas de setembro de 2016 a janeiro 2017 no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, em tubetes cônicos de polipropileno com 180 cm³, contendo substrato comercial a base de turfa do tipo *Sphagnum* e fertilizante de liberação controlada na dose de 6 g L⁻¹. No momento do plantio as mudas apresentavam média de altura de 30,0 cm e diâmetro do coleto de 4,0 mm.

Imediatamente após o plantio as mudas foram irrigadas com cerca de 2 L de água por planta⁻¹. Além disso, foram fertilizadas com 85,0 kg ha⁻¹ de potássio e 317,0 kg ha⁻¹ de fósforo, sendo as fontes o cloreto de potássio e o superfosfato triplo, respectivamente. As doses de ureia foram fracionadas em duas aplicações, uma aos trinta dias após o plantio (D.A.P.), e a outra aos 60 D.A.P. A adubação foi realizada em covetas laterais distantes, cerca de 15 cm das plantas, enquanto o coroamento foi realizado em um raio de 30 cm.

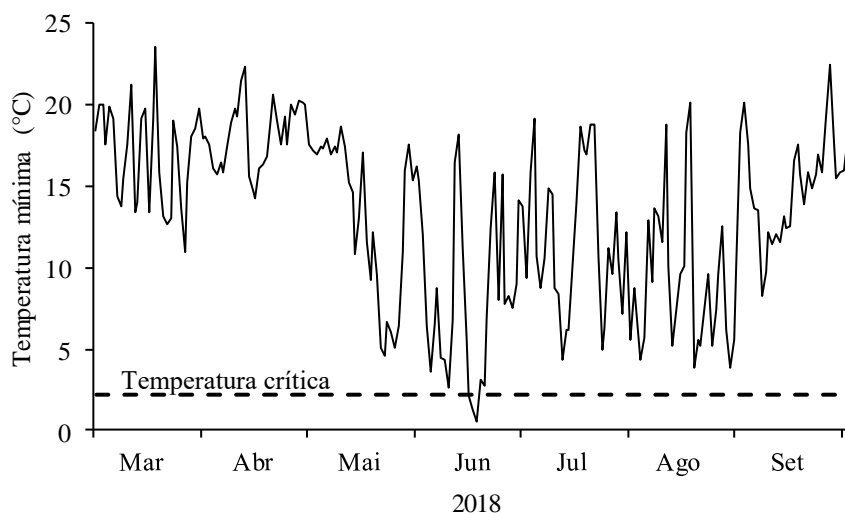
A avaliação da sobrevivência foi realizada aos 180 e 450 dias após o plantio (D.A.P.), a altura (H) e diâmetro do coleto (DC), foram verificados utilizando trena métrica e paquímetro digital, respectivamente, aos 90, 180, 270, 360 e 450 D.A.P. Além disso, aos 180 D.A.P. foi avaliada a fluorescência da clorofila *a* com fluorômetro portátil de luz modulada (Junior-Pam Chlorophyll Fluorometer Walz Mess-und-Regeltechnik, Germany), durante a manhã (8:00-11:00 h) em dia ensolarado. Para isso, a terceira folha totalmente expandida de 16 plantas (quatro por tratamento) foram previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos e submetidas a pulso de luz saturante (10.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por 0,6 s, determinando-se, assim o rendimento quântico máximo do fotossistema (F_v/F_m).

Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos clorofila *a* e *b* e carotenoides foram coletadas folhas expandidas, localizadas no terço médio de uma planta por parcela, totalizando 16 plantas. As folhas foram imediatamente armazenadas em nitrogênio líquido e encaminhadas para o armazenamento em ultrafreezer (-80 °C), evitando a degradação dos pigmentos até a realização da análise.

Posteriormente, as folhas foram retiradas do ultrafreezer (0,05 g/repetição) para determinar o teor de clorofilas e carotenoides, sendo maceradas em nitrogênio líquido. Na sequência as amostras foram incubadas a 65 °C com dimetisulfoxido (DMSO) até a remoção completa dos pigmentos (HISCOX; ISRAELSTAM, 1979). Para medir as absorvâncias das soluções foi utilizado um espectrofotômetro (Celm E-205D) a 663, 645 e 470 nm para a clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, respectivamente, determinando-os conforme a equação de Lichtenthaler (1987).

Durante o período do inverno as temperaturas foram monitoradas via estações meteorológicas da região, pois conforme Sakai e Larcher (1987), a temperatura de 2,2 °C em estações meteorológicas padrão equivale a 0 °C da temperatura do solo em uma situação de campo. Durante esse estudo a menor temperatura registrada foi 0,5 °C, além de nove ocasiões com temperaturas abaixo ou próximas a 2,2 °C no período de junho e julho de 2018, totalizando dez ocorrência de geadas próximas ao local do estudo (Figura 6). Além dessa informações, outras estações meteorológicas do estado registraram ocorrência de geada nesse período (Apêndice K).

Figura 6 - Temperaturas mínimas diárias (°C) registradas entre março e setembro de 2018, Santiago-RS



A avaliação dos danos causados pela geada aos 270 D.A.P., foi realizada a partir da adaptação da metodologia proposta por Higa et al. (2000) (Tabela 8).

Tabela 8 - Escala de avaliação de danos causados pela geada em plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin sob doses de nitrogênio, Unistalda, RS

Score	Nível de dano	Grau de tolerância
10	100% do caule danificado	Muito sensível
9	75–99% do caule danificado	Muito sensível
8	50–74% do caule danificado	Sensível
7	25–49% do caule danificado	Sensível
6	Menos que 25% do caule danificado	Sensível
5	100% da área foliar danificada	Moderadamente tolerante
4	75–99% da área foliar danificada	Moderadamente tolerante
3	50–74% da área foliar danificada	Tolerante
2	25–49% da área foliar danificada	Tolerante
1	Menos que 25% da área foliar danificada	Tolerante
0	Sem dano visual	Resistente

Fonte: Adaptado de Higa et al. (2000).

Os dados foram submetidos a análise do pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias pelo teste de Shapiro-wilk e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, foi realizada análise de variância e quando constatada diferença entre os tratamentos, foi efetuado o teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) de comparação de médias por meio do pacote estatístico Expdes.pt (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018) do *software* R.

Foi realizada a análise de correlação de Pearson (r) ($p < 0,05$) entre as variáveis morfológicas e fisiológicas aos 180 D.A.P., bem como para os atributos morfológicos de resiliência à geada, aos 450 D.A.P., com o *software* R (R CORE TEAM, 2018). A correlação foi classificada de forma quantitativa quanto a intensidade como: $r = 0$ (não há correlação); $0 < r < 0,3$ (fraca); $0,3 \leq r < 0,6$ (regular); $0,6 \leq r < 0,9$ (forte); $0,9 \leq r < 1$ (fortemente); e $r = 1$ (perfeita) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

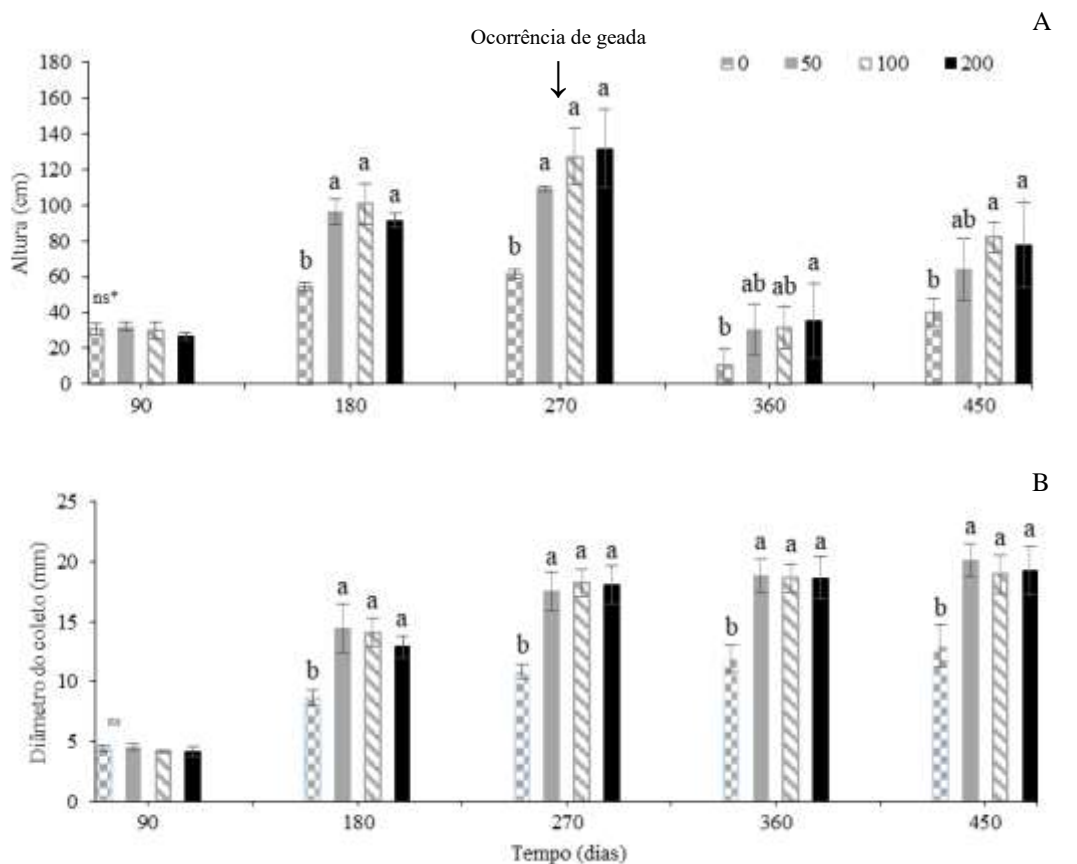
5.3 RESULTADOS

A sobrevivência aos 180 D.A.P. das plantas de *M. balansae* foi de 98%, independente da dose de nitrogênio utilizada. Com relação ao incremento em altura e diâmetro do coleto observou-se diferença significativa entre as doses de ureia ($p < 0,0001$ e $p < 0,0007$, respectivamente). As plantas sem suplementação de ureia apresentaram crescimento

reduzindo, enquanto que as doses de 50, 100 e 200 kg de ureia.ha⁻¹ não diferiram (Figura 7A), essa avaliação foi realizada aos 180 D.A.P., antes do inverno, período propício à geadas na região.

As maiores médias de altura (107,82 cm) foram observadas na dose de de 100 kg de ureia ha⁻¹ cerca de 25% superior à dose indicada para o gênero *Eucalyptus*. O crescimento nessa condição foi de 89,68% superior ao encontrado nas plantas sem a adição de ureia. Na dose de 200,0 Kg de ureia ha⁻¹ houve redução no crescimento de 19,26% (Figura 7A). Para o DC a maior média foi de 15,26 mm, na dose de 50 kg de ureia ha⁻¹. No entanto, nas plantas sem adição de ureia, houve redução de 67,08% no crescimento (9,13 mm) e na dose de 200,0 kg de ureia ha⁻¹ foram observados médias de 12,73 mm, representando redução de 19,89% no crescimento em diâmetro (Figura 7B).

Figura 7 - Atributos morfológicos altura (A) e diâmetro do coleto (B) de plantas de *Myracrodruon balansae* aos 90, 180, 270, 360 e 450 dias após o plantio submetidas a 0, 50, 100 e 200 kg de ureia.ha⁻¹, Unistalda, RS



*Comparação de médias feita pelo teste Tukey ($p < 0,05$) ns: não significativo. Barras verticais indicam desvio padrão.

Fonte: O autor (2019).

As variáveis da fluorescência da clorofila *a* analisadas não foram influenciadas pelas doses de ureia utilizadas ($p < 0,05$). A média geral da fluorescência inicial (F_o) foi de 55,43, enquanto para fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico do PSII (F_v/F_m), as médias foram de 254,4 e 0,781, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 - Atributos fisiológicos da fluorescência da clorofila *a* de plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin cultivadas com diferentes doses do nitrogênio, aos 180 dias após o plantio

Doses (Kg ha ⁻¹)	F _o	F _m	F _v /F _m
0	51,50 ^{ns}	253,25 ^{ns}	0,795 ^{ns}
50	52,00	248,75	0,794
100	54,75	260,75	0,787
200	63,50	255,25	0,749

ns: F não significativo para as doses de ureia ($p < 0,05$). Sendo: F_o: fluorescência inicial; F_m: fluorescência máxima; F_v/F_m: rendimento quântico do PSII; CV: coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

O diâmetro do coleto apresentou correlação forte com a altura, bem como correlação regular com o teor de carotenoides. Para a altura foi observada correlação regular com as variáveis fisiológicas clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides (Tabela 10).

Tabela 10 - Matriz de correção de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, aos 180 dias após o plantio, com doses de nitrogênio, Unistalda, RS

Atributos	DC	H	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Car	F _o	F _m
DC							
H	0,87**						
Chl <i>a</i>	0,30 ^{ns}	0,51*					
Chl <i>b</i>	0,38 ^{ns}	0,49*	0,90**				
Car	0,51*	0,55*	0,90**	0,89**			
F _o	-0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,19 ^{ns}		
F _m	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,78**	
F _v /F _m	0,11 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,56**	0,08 ^{ns}

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: não significativo; DC = diâmetro do coleto; H = altura; Chl *a* = clorofila *a*; Chl *b* = clorofila *b*; Car = carotenoides; F_o = fluorescência inicial; F_m = fluorescência máxima; F_v/F_m = relação F_v/F_m.

Fonte: O autor (2019).

As doses de ureia não influenciaram na tolerância de *M. balansae* à ocorrência de geada ($p < 0,05$), nesse sentido o escore encontrado para a espécie variou entre 5 e 6, sendo a

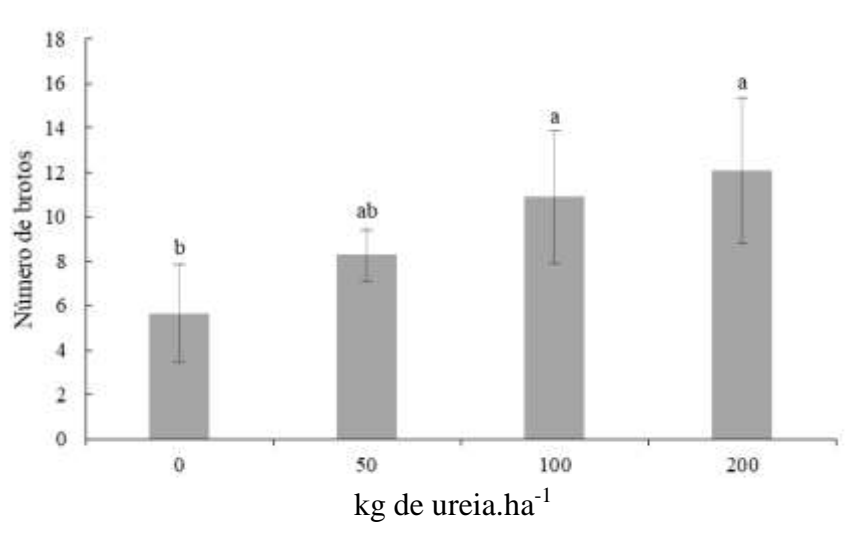
espécie classificada como sensível as geadas, sob essas condições de plantio. Apesar dos danos causados pela geada a sobrevivência das plantas foi de 98% após o evento.

No momento da ocorrência da geada, aos 270 D.A.P. (Apêndice N), as plantas apresentavam altura média de 61,75; 108,93; 126,88 e 131,56 cm nas doses 0, 50, 100 e 200 kg ureia ha⁻¹, respectivamente (Figura 7A). Aos 360 D.A.P. (Apêndice O) as plantas apresentaram redução nas alturas 10,90; 30,43; 31,56 e 35,27 cm, esses valores representam, respectivamente uma perda de 466; 257; 301 e 273% de incremento máximo em altura para os respectivos tratamentos. Aos 450 D.A.P. (Apêndice P) as plantas apresentaram altura de 40,06; 63,81; 82,25 e 77,81 cm, respectivamente, o que representou uma taxa de crescimento de 267,98, 109,65, 160,59 e 120,61%, com relação as alturas aos 360 dias após o plantio, isso representou uma perda de incremento de 54,13; 70,71; 54,25 e 69,07%, respectivamente para cada um dos tratamentos ao final dos 450 D.A.P. quando comparado ao incremento máximo 270 D.A.P. (Figura 7A).

Após a ocorrência da geada os valores observados para o diâmetro do coleto permaneceram constantes, aos 450 D.A.P. o menor valor observado foi sem adição de ureia (dose 0) com 13,00 cm diferindo das médias observadas para as demais doses (Figura 7B).

Aos 450 dias após o plantio observou-se diferença significativa para o número de brotos nas as doses de ureia utilizadas ($p < 0,0031$). O maior número de brotos foi observado na dose de 200 kg de ureia ha⁻¹ com cerca de 12 brotos por planta, não diferenciando das doses de 50 e 100 kg de ureia ha⁻¹ (Figura 8).

Figura 8 - Número de brotos de plantas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin submetidas a diferentes doses de ureia 180 dias após a ocorrência de geada (450 dias após o plantio), Unistalda, RS



5.4 DISCUSSÃO

Aos 180 D.A.P., a elevada sobrevivência das plantas de *M. balansae* (98%), demonstra que a espécie é tolerante ao estresse do plantio, independente da dose de nitrogênio utilizada. Melotto et al. (2009) em plantio com 11 espécies florestais nativas encontraram aos 30 D.A.P. taxas de sobrevivência entre 12,5 e 100%, dentre essas, uma espécie da mesma família *Myracrodruon urundeuva* Allemão apresentou 93,8% de taxa de sobrevivência.

A expressiva sobrevivência também pode estar associada à potencial resistência de *M. balansae* às formigas, pois a área de plantio tem elevada incidência, conforme observações, no entanto a espécie não apresentou danos. Essa circunstância é um paradoxo no que se refere às espécies florestais, pois conforme Stuepp et al. (2017) as formigas cortadeiras são as principais pragas em plantios. Outro fato favorável à sobrevivência, foi a precipitação média mensal de 168,87 mm, nos seis meses após o plantio, que favoreceu o desempenho das mudas.

A espécie é responsiva às doses de nitrogênio (N) utilizadas nesse experimento, o que ficou evidente quando observa-se os atributos altura e diâmetro do coleto. Esse evento é explicado, pelo fato que o N é um dos nutrientes mais importantes para o estabelecimento inicial de plantas (ENGELS; MARSCHNER, 1995) sendo responsável pela formação de aminoácidos e proteínas bem como por acelerar o crescimento (KALAJI et al., 2016; TAIZ et al., 2017). De acordo com Cooke e Weih (2005) a redistribuição desse nutriente ocorre em quatro fases sendo, absorção pelas raízes, realocação para novos órgãos durante a estação de crescimento, redistribuição de folhas senescentes para órgãos de reserva, redistribuição para folhas e brotações novas. Nesse sentido, espécies eficientes no uso desse nutriente o acumulam na parte aérea, proporcionando o desenvolvimento da copa e acúmulo de carbono (BRERETON et al., 2014), o que explica o rápido crescimento em altura e diâmetro do coleto da espécie aos 180 D.A.P.

Por outro lado, na dose de 200 kg de ureia ha⁻¹ as plantas de *M. balansae* apresentaram redução de crescimento, isso pode ser explicado pelo fato de que cerca de 50% do N aplicado no solo não é absorvido pelas plantas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Apesar do uso de N melhorar as taxas de crescimento e estabelecimento de plantas em áreas com pouca disponibilidade de nutrientes (POKHAREL; CHANG, 2016; SLOAN; JACOBS, 2013), doses excessivas podem ser facilmente perdidas para o meio. Nesse sentido, determinar doses ideais é importante para evitar perdas desse nutriente em diferentes tipos de plantio de espécies florestais. Nesse estudo, foi possível constatar que apesar de *M. balansae* ser responsiva ao N

a dose é cerca de 25% superior ao que é previsto para o gênero *Eucalyptus* (CQFS-RS/SC, 2016) nessa condição de solo, cujo excesso ocasionou a não conversão em biomassa, além de perdas econômicas.

O crescimento das plantas de *M. balansae* observado aos 180 D.A.P. pode ser considerado satisfatório quando comparado com outras espécies florestais. Marcuzzo, Araujo e Gasparin (2015) encontraram alturas inferiores a 50 cm aos 180 D.A.P., para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Inga vera* Willd., consideradas espécies de rápido crescimento. Andrade e Boaretto (2012) constataram que as plantas de *Schinus terebinthifolius* sob omissão de N reduziram a produção inicial de matéria seca, ocasionando redução no crescimento. Essa redução também foi descrita em estudos de Marques et al. (2006a, 2006b) ao avaliarem doses de N no crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. e *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., respectivamente, nos quais observaram que sem N essas espécies reduziram o desenvolvimento em H e DC em 50%, confirmando as perdas de *M. balansae*, que aos 180 D.A.P. sem adição de nitrogênio ao solo, reduziram 90% do seu crescimento (Figura 6).

Destaca-se, entretanto, que os valores obtidos para as variáveis da fluorescência F_v/F_m , F_0 e F_m (Tabela 9) indicam que as plantas de *M. balansae* não apresentaram estresse ao ser cultivada em um solo com baixo teor de matéria orgânica (Apêndice I), mesmo sem adição de fertilização nitrogenada. Essas avaliações fisiológicas são utilizadas para indicar o nível de estresse nas plantas (BORAWSKA-JARUŁOWICZ et al., 2014; DĄBROWSKI et al., 2015), bem como o funcionamento do aparato fotossintético (BAKER; ROSENQVIST, 2004; ŽIVČÁK et al., 2014). Nesse sentido, altos valores da fluorescência inicial da clorofila *a* (F_0) indicam maior perda de energia nos centros de reação do fotosistema II (PRADO; CASALI, 2006; FU; LI; WU, 2012), enquanto que baixos valores para F_v/F_m indicam dano foto inibitório (BAKER; ROSENQVIST, 2004; SU et al., 2015).

No presente estudo foram observados valores de 0,781 para F_v/F_m , conforme Fu, Li e Wu (2012) plantas não estressadas apresentam médias entre 0,8 a 0,84, enquanto Ritchie et al. (2010) indicam valores acima de 0,7 como adequados. Assim, os valores obtidos para *M. balansae* não indicam dano no aparato fotossintético apesar das condições do solo de plantio. Queiroz, Garcia e Lemos Filho (2002) relataram valores de 0,798 para F_v/F_m em *M. urundeuva* submetidas a estresse hídrico, destacando a resistência das espécies desse gênero às condições de estresse. Para outras espécies nativas da região sul do Brasil Aimi et al. (2017), Berghetti et al. (2019) e Turchetto et al. (2016) encontraram valores de 0,62, 0,70 e 0,55, respectivamente. Apesar da deficiência de N afetar o funcionamento do PSII e reduzir a

densidade dos centros de reação (DUDEJA; CHAUDHARY, 2005; KALAJI et al., 2016), as doses mais baixas de N não foram suficientes para causar deficiência nas plantas, mostrando que a espécie é resistente a condições adversas de solo, e que valores de 254,4 (F_m) e 0,78 (F_v/F_m) são bons indicadores fisiológicos para *M. balansae* em condições de plantio a campo.

A correlação positiva regular das variáveis de crescimento com os teores de clorofila *a* e carotenoides para essa espécie expressa a importância dessa adubação para os processos fotossintéticos e, conseqüentemente, acúmulo de biomassa. O conteúdo de N na planta é frequentemente associado ao teor de clorofila foliar e carotenoides (YODER; PETTIGREW-CROSBY, 1995; HUANG et al., 2004). Além disso, o crescimento em altura apresentou correlação positiva regular com a clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, demonstrando que adequados teores desses pigmentos podem ser preditores para o crescimento em altura dessa espécie.

De modo geral, plantas de *M. balansae* respondem de forma positiva à disponibilidade de N, apresentando taxas satisfatórias de crescimento em H e DC aos 180 D.A.P. Apesar do solos da região serem pobres em matéria orgânica e baixa fertilidade natural (STRECK et al., 2008), esse fato apenas refletiu na redução do crescimento em altura e diâmetro do coleto (Figura 7), no tratamento sem aplicação de ureia, demonstrando o potencial silvicultural da espécie na formação de povoamentos. Conforme Gonçalves et al. (2000) espécies pioneiras ou secundárias iniciais possuem maiores taxas de crescimento, por consequência, tem uma maior taxa de absorção e acumulação de nutrientes nos tecidos vegetais, assim a recomendação de fertilização deve ser mais criteriosa. Isso indica que *M. balansae* pode ser utilizada em programas de restauração ou plantios de recuperação, devido ao rápido crescimento e uso futuro da madeira.

Por outro lado, apesar do elevado crescimento, aos 270 D.A.P. constatou-se que a espécie é susceptível à geada, podendo ser expressivamente danificada (Apêndice N). Esse fenômeno em regiões frias, já foi evidenciado no Sul do Brasil por Rorato et al. (2018a), ao relatarem que espécies nativas apresentam diferentes graus de dano e resiliência com relação a ocorrência de geada. Conforme Higa et al. (2000) temperaturas abaixo de 0 °C afetam o metabolismo celular, reduzindo as mais importantes funções fisiológicas das plantas. Apesar das geadas ocorrerem sob condições de temperatura próximas a 0 °C, algumas microrregiões são mais predispostas a esse fenômeno (RICCE et al., 2014).

O local de plantio deve ser criteriosamente analisado, mesmo para espécies nativas. Melo-Abreu et al. (2004) e Ricce et al. (2014), destacaram que locais com topografia acidentada tendem a drenar e acumular o ar frio no fundo de vales, essa condição pode ser

observada no local de implantação desse experimento, onde o fundo da micro bacia com cerca de 235 m acumulou a massa fria vinda das partes mais elevadas (> 300 m) do relevo (Figura 5). Conforme Charrier et al. (2015) esse fenômeno leva à geada de radiação, o tipo mais comum, ocorrendo devido condições climáticas favoráveis e à queda brusca da temperatura em depressões, conseqüentemente ocorre o acúmulo da massa de ar frio causando o congelamento da superfície foliar.

As doses de nitrogênio não influenciaram na tolerância da espécie a geada (Figura 8) com danos na copa, folhas e parte do caule (Apêndice N, O e P), sendo classificada como sensível ao fenômeno, para as condições de plantio. A intensidade dos danos provocados pela geada estão relacionados ao teor de água nas plantas, bem como à redução dos teores de carboidratos e amido dentro das células. O maior teor de carboidratos solúveis aumenta a resistência a danos causado por geadas (CHARRIER et al., 2015), fato que poderia ser proporcionado pelas maiores doses de nitrogênio. A morte dos tecidos pela geada ocorre em função do congelamento e descongelamento das células, causando embolia e liberando os gases dissolvidos na seiva para o xilema (POCKMAN; SPERRY, 1997). A integridade dos vasos é o principal processo fisiológico na sobrevivência das plantas (PRATT et al., 2010) que pode ser mantida por meio do aumento dos teores de açúcares na células das hastes (POIRIER; LACOINTE; AMÉGLIO, 2010) aumentando o movimento de água para o reabastecimento ativo das células dos vasos (SAKR et al., 2003). Assim, o potencial osmótico e o tamanho dos vasos deve ser levado em consideração em estudos sobre estratégias de resistência das espécies à geada (CHARRIER; COCHARD; AMÉGLIO, 2013).

A geada é considerado um fator limitante para a ocorrência e estabelecimento inicial de plantios (EWERS et al., 2003; MELCHER et al., 1994; NAVROSKI et al., 2017; RORATO et al., 2018b). Apesar de *M. balansae* ser um espécie nativa indicada para plantios em áreas abertas e adaptada ao frio (CARVALHO, 2008), constatou-se nesse estudo que geadas severas em locais propensos são fatores limitantes para essa espécie, nesse sentido, a escolha do local do plantio é fundamental bem como observar a topografia do terreno e o histórico de ocorrência de geadas nos últimos anos para a região evitando perdas econômicas nos primeiros anos de plantio (RORATO et al., 2018b; SILVESTRO et al., 2019). Conforme Mckenney et al. (2007) é importante delimitar zonas de resistência ao frio, onde as plantas podem sobreviver sem que o mesmo prejudique o seu desenvolvimento.

No caso de *M. balansae* que é uma espécie ameaçada, esse zoneamento é útil para plantios em locais nos quais a planta não ocorre, pois apesar de ser sensível a geada, apresenta alta resiliência, conforme constatado 450 D.A.P. com apenas 2% de mortalidade. Isso ocorreu

independente da dose utilizada, conforme é possível observar na retomada do crescimento em diâmetro do coleto, altura e número de brotos gerados (Apêndice N). As doses de 100 e 200 kg de ureia propiciaram o melhor desempenho das plantas (Figura 7). Navroski et al. (2017), em plantio com *Toona ciliata* M. Roem. constataram que a geada também não prejudicou o incremento em diâmetro do coleto dessas plantas. Conforme Ritchie et al. (2010), o aumento no DC apresenta correlação positiva com a sobrevivência, bem como no estabelecimento das mudas. Desse modo, acredita-se que isso favoreceu a resiliência das plantas com maiores DC e, conseqüentemente, no crescimento em altura e número de brotos (Figura 8C e Tabela 11).

Os teores de carboidratos acumulados nos tecidos atuam na resistência a geada e contribuem para sua resiliência (POIRIER; LACOINTE; AMÉGLIO, 2010), esse fato explica o melhor desempenho das plantas com maior H e DC e a correlação positiva dessas variáveis com as doses (Tabela 11). Apesar da resiliência ser um atributo variável entre as espécies, a ocorrência de geadas pode afetar as características silviculturais causando bifurcação das plantas (CHARRIER et al., 2015; NAVROSKI et al., 2017) o que pode ser prejudicial a produção e planejamento de corte devido ao elevado número de brotos, como observado nesse estudo nas maiores doses de nitrogênio (Figura 8C).

5.5 CONCLUSÕES

A espécie é responsiva a fertilização nitrogenada.

No plantio a campo de mudas de *M. balansae* a dose de cerca de 50 kg de ureia ha⁻¹ pode ser utilizada para obtenção de maior crescimento inicial em altura e diâmetro do coleto.

M. balansae é sensível a plantio em locais propensos a ocorrência de geadas severas, mas apresenta resiliência satisfatória no primeiro ano de plantio, quando utiliza-se adubação nitrogenada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa, trouxe informações relevantes à conservação de *Myracrodruon balansae*, pois indica a urgência de estudos com essa espécie que encontra-se em risco. Apesar do elevada quantidade de sementes produzidas, a mesma apresenta sazonalidade na produção, bem como baixa taxa de germinação, possivelmente associada à heterogeneidade de maturação dos diásporos.

Os diásporos apresentaram potencial para armazenamento, pois após 18 meses a perda foi de 20% em relação a germinação inicial. Desse modo, devido à baixa taxa de germinação indica-se estudos futuros com relação a maturação de frutos em diferentes matrizes e períodos de produção, além de estudos fenológicos da espécie para a caracterização das fenofases e influência do clima. Estudos avaliando a umidade adequada e pré-tratamento de diásporos para o armazenamento são necessários.

Na produção de mudas foi observado a responsividade da espécie às fontes de fertilizantes, assim condições adequadas de fertilização balanceada diminuem o tempo de produção de mudas e melhoram a qualidade morfológica e fisiológica das plantas, bem como doses de casca de arroz carbonizada podem ser utilizadas na produção reduzindo os custos da compra de substrato comercial. Sendo a mesma potencial para a diversificação da produção de mudas em viveiros na região de ocorrência natural.

O desenvolvimento inicial da espécie no campo apresentou resultados satisfatórios, diante da adubação nitrogenada, bem como a espécie não apresentou danos por formigas cortadeiras. Por outro lado, a espécie foi caracterizada como sensível a geada quando cultivada em locais propensos a esse fenômeno meteorológico, porém apresentou resiliência satisfatória no primeiro ano de plantio, quando utilizada adubação nitrogenada. Considerando o grau de ameaça da espécie são necessários estudos de zoneamento de áreas para futuros plantios, bem como a caracterização da influência de fatores climáticos na regeneração natural da espécie em sua área de ocorrência natural.

Durante a coleta de diásporos em árvores adultas, bem como na manutenção dos experimentos com mudas e pós plantio foi constatada a ocorrência de alergia de pele em alguns integrantes do grupo de pesquisa. Assim, estudos que avaliem o potencial alérgico dessa espécie, bem como teores de extrativos e compostos presentes na planta podem ser importantes para indústria farmacêutica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M. et al. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba, v.45, n.1, p. 141-150, 2015.
- AGUIAR, I. B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p. 33–44. (Série Registros, 14).
- 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. et al. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1361–1370, 2016a.
- AIMI, S. C. et al. Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. **Bosque** (Valdivia), v. 37, n. 2, p. 401-407, 2016b.
- AIMI, S. C. **Qualidade de diásporos e crescimento de mudas de *Myrocarpus frondosus* alemão no viveiro e no campo**. 148 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- AKLIBASINDA, M. et al. Effects of different growing media on Scotch pine (*pinus sylvestris*) production. **Journal of Animal and Plant Sciences**, Lahore, v. 21, n. 3, p. 535-541, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Germany, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, M. L. F. De; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 383-392, 2012.
- ARAUJO, M. M. et al. Fenologia de espécies arbóreas voltada à coleta de sementes no sul do Brasil. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (Orgs.). **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: editoraufsm, 2018a. p. 41–58.
- 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: editoraufsm, 2018b. p. 345–365.
- AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 519-524, 2003.
- BAILEY, D. A.; FONTENO, W. C.; NELSON, P. V. **Greenhouse Substrates and Fertilization**. Raleigh, 2000, 15 p.
- BAILLIE, J. E. M. et al. **IUCN red list of threatened species: a global species assessment**. Gland, Switzerland and Cambridge, Iucn, 2004, 191 p.

- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 1607-1621, 2004.
- BARNETT, H.; HUNTER, B. **Ilustred genera of imperfect fungi**. 3. ed. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1999. 141 p.
- BARRETT, G. E. et al. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 212, p. 220-234, 2016.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 2014. 1573 p.
- BELDA, R. M.; MENDOZA-HERNÁNDEZ, D.; FORNES, F. Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Germany, v. 176, p. 827-835, 2013.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Orgs.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF-Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p. 105–133.
- BERGHETTI, Á. L. P. et al. Growth and physiological attributes of *Cordia trichotoma* seedlings in response to fertilization with phosphorus and potassium. **Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 1, p. 133–142, 2019.
- BETT, L. A.; MAY, D. Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) rohwer (lauraceae) em floresta ombrófila mista, Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 707–717, 2017.
- BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: Revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Forest systems**, Madrid, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.
- BOLIGON, A. A. et al. Aspectos fitossociológicos de um fragmento da floresta natural de *Astronium balansae* engl., no município de Bossoroca, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1075–1082, 2005.
- BORAWSKA-JARMOŁOWICZ, B. et al. Low temperature and hardening effects on photosynthetic apparatus efficiency and survival of forage grass varieties. **Plant Soil Environ**, Czech, v. 60, n. 4, p. 177-183, 2014
- BOUDREAULT, S. et al. Substrate Aeration Properties and Growth of Containerized White Spruce: A Case Study. **Vadose Zone Journal**, Madson, v. 13, n. 3, 2014.
- BRANCALION, P. H. S. et al. A silvicultura de espécies nativas para viabilização econômica da restauração florestal na mata atlântica. In: MARTINS, S. V (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2012. p. 212–239.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regra para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 399 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes** – Anexo do capítulo 9 – Teste de sanidade de sementes das Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 202 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução normativa SDA n. 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, no 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p.365-372, 2000.

BRERETON, N. J. B. et al. Insights into nitrogen allocation and recycling from nitrogen elemental analysis and ¹⁵N isotope labelling in 14 genotypes of willow. **Tree Physiology**, Oxford, v. 34, n. 11, p. 1252–1262, 2014.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, p. 35–51, 2008.

BROOKS, T. M. et al. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v. 313, n. 5783, p. 58-61, 2006.

CALDEIRA, S. F.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Qualidade de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., armazenados sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 185-194, 2008.

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

CAMBROLLÉ, J. et al. Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 120, p. 171-178, 2015.

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.

CANEO, E. et al. Comparação entre os plantios de árvores nativas em cova e sulco no solo para recomposição de mata ripária. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 6, n. 2, p. 74–81, 2013.

CARLILE, W. R.; CATTIVELLO, C.; ZACCHEO, P. Organic Growing Media: Constituents and Properties. **Vadose Zone Journal**, Madson, v. 14, n. 6, p. 1–13, 2015.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARPENTER, F. L. et al. Methods of facilitating reforestation of tropical degraded land with the native timber tree, *Terminalia amazonia*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 202, n. 1-3, p. 281–291, 2004.

- CARVALHO, A. de O. et al. Initial growth of ‘paricá’ (*Schizolobium amazonicum*) seedlings under different nitrogen doses. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 2, p. 112–115, 2016.
- CARVALHO, L. R. de; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.
- CARVALHO, W. L. de; MUCHOVEJ, J. J. Fungos associados a sementes de essências florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173–178, 1991.
- CARVALHO, N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588P.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica: EMBRAPA Florestas, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Pau-Ferro-do-Sul** (*Myracrodruon balansae*), Circular Técnica, 149. Colombo, PR, 2008. 6 p.
- CASTRO, R. D.; BRAFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 169–162.
- CHARRIER, G. et al. Effects of environmental factors and management practices on microclimate, winter physiology, and frost resistance in trees. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 259, p. 1-18, 2015.
- CHARRIER, G.; COCHARD, H.; AMÉGLIO, T. Evaluation of the impact of frost resistances on potential altitudinal limit of trees. **Tree Physiology**, Oxford, v. 33, n. 9, p. 891–902, 2013.
- COOKE, J. E. K.; WEIH, M. Nitrogen storage and seasonal nitrogen cycling in *Populus*: Bridging molecular physiology and ecophysiology. **New Phytologist**, v. 167, n. 1, p. 19–30, 2005.
- COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A. C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29c (*Prunus cerasifera* ehrh.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 125–128, 2003.
- CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 375 p.
- DAŃBROWSKI, P. et al. SChlorophyll a fluorescence of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties under long term exposure to shade. **Zemdirbyste-Agriculture**, Lithuania, v. 102, n. 3, p. 305–312, 2015.
- DAVIDE, A. C. et al. Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais pertencentes à família lauraceae quanto à capacidade de armazenamento. **Cerne**, Lavras v. 9, n. 1, p. 29–35, 2003.
- DAVIDE, A.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Orgs.). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. 1. ed. Lavras/; UFLA, 2008. p. 83–124.
- DE BOODT, M.; VERDONK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries?. **Forest Chronicles**, v. 36, n. 8, p. 10-13, 1960.
- DINIZ, Q. R., DINIZ, B. L. M. T., AZEREDO, G. A., SOUZA, V. C., PEREIRA, E. M. Potencial germinativo de sementes de aroeira *Myracrodruon urundeuva* Fr. coletadas de população no cariri paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentavel**, v. 10, n.1, p.154-159, 2015.
- DORNELES, M. C.; RANAL, M.; SANTANA, D. G. Germinação de diásporos recém-colhidos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) ocorrente no cerrado do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 399–408, 2005.
- DOS REIS, B. E. et al. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 389–396, 2012.
- DOS SANTOS, S. R. G.; DE PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilha - Euphorbiaceae) durante o armazenamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 87-94, 2007.
- DUDEJA, S. S.; CHAUDHARY, P. Fast chlorophyll fluorescence transient and nitrogen fixing ability of chickpea nodulation variants. **Photosynthetica**, Czech Republic, v. 43, n. 2, p. 253–259, 2005.
- ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P. E. (Org.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: M. Dekker, 1995. p. 624.
- EWERS, F. W. et al. Freeze/thaw stress in *Ceanothus* of southern California chaparral. **Oecologia**, Berlin, v. 136, n. 2, p. 213–219, jul. 2003.
- FANTINEL, V. S. et al. Detecção de fungos e transmissão de *Alternaria alternata* via sementes de ipê-amarelo, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC) Mattos. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 7, n. 2, p. 5–14, 2013.
- FANTINEL, V. S. et al. Detecção de Fungos em Sementes de *Acca sellowiana* (Berg) Burret. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. 1–11, 2017.
- FARIA, J. C. T. et al. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 523–532, 2017.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 260 p.
- FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014.
- FERRAZ, I. F. K.; CALVI, G. P. Teste de germinação. In: LIMA, M. J. (Erg.). **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**, Manaus: UFAM, 2010 p. 55–122.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese)R package**, 2018.
- FIGLIOLIA, M.; OLIVEIRA, E.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.; PIÑA-RODRIGUES, F. C.; FIGLIOLIA, M. B. (Orgs.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: Abrates, 1993. Cap. 4, p. 137–174.

FIGLIOLIA, M. B. **Conservação de sementes de essências florestais**. São Paulo: Boletim técnico do Instituto Florestal, n. 42, 1988, p 1-18.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. **Flora do Brasil 2020**. Rio de Janeiro Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 05 jan. 2019

FONSECA, É. de P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 515–523, 2002.

FOWLER, J. A. P. Superação de dormência e armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Colombo, Embrapa Florestas, 2000. p. 77–90.

FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 135, p. 45-51, 2012.

GASPARIN, E. et al. Identificação de substrato adequado para germinação de sementes de *Allophylus edulis* (a. st-hil., a. juss. & cambess.) radlk. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 625–630, 2012.

GASPARIN, E. et al. Substrates for germination and physiological quality of storage seeds of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 77–85, 2013.

GASPARIN, E. et al. Controlled release fertilizer and container volumes in the production of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 473–481, 2015.

GASPARIN, E. et al. ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (Orgs.). **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: editoraufsm, 2018. p. 99–120.

GIULIETTI, A. M. et al. **Plantas Raras do Brasil**. Conservação internacional. Belo Horizonte. 2009. 496 p.

GOMES, D. R. et al. Biometry and germination of *Balfourodendron riedelianum* Eng. Eng. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 3, p. 187–194, 2016.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (Propagação sexuada)**. Cadernos didáticos, 72. Viçosa: UFV, 1. ed., 2011. 116 p.

GONÇALVES, J. L. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000a. p. 1–57.

GONÇALVES, J. L. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Orgs.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309–350.

- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000b. p. 309–350.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...** Piracicaba. Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996.
- GONG, X. et al. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 186–191, 2018.
- GONZÁLEZ-OROZCO, M. et al. Nursery Production of *Pinus engelmannii* Carr. with Substrates Based on Fresh Sawdust. **Forests**, Basel, v. 9, n. 11, p. 678, 2018.
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. **New Forests**, Netherlands, v. 43, p. 711–738, 2012.
- GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**, Netherlands, v. 49, n. 1, p. 1–34, 2018
- GUEDES, R. S. et al. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Myracrodruon urundeuva* freire alemão. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 997–1003, 2009.
- GUEDES, R. S. et al. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 57–64, 2010.
- GUEDES, R. S. et al. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, 14, n. 1, p. 68–75, 2012.
- GUO, L. et al. Seed bank and regeneration dynamics of *Emmenopterys henryi* population on the western side of Wuyi Mountain, South China. **Journal of Forestry Research**, Berlin, 28, n. 5, p. 948–952, 2017.
- HEISKANEN, J. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. **New Forests**, Netherlands, v. 44, n. 1, p. 101–118, 2013.
- HIGA, R. C. V. et al. Resistência e resiliência a geadas em *eucalyptus dunnii* maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 40, p. 67-76, 2000.
- HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.
- HOFFMANN, P. M. et al. Identifying target species and seed sources for the restoration of threatened trees in southern Brazil. **ORYX**, v. 49, n. 3, p. 425–430, 2015.
- HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1558–1563, 2011.
- HUANG, Z. A. et al. Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzymes in leaves of rice plants. **Photosynthetica**, Czech Republic, v. 42, n. 33, p. 357–364, 2004.
- HYNDMAN, R. et al. **Forecast**: Forecasting functions for time series and linear modelsR package version 8.4, 2018.

- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Brasília, 2019. Disponível em:<
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>> Acesso em: 12 dez. 2018.
- JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. Fertilization. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds.). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009. p. 201-215.
- KALAJI, H. M. et al. Experimental in vivo measurements of light emission in plants: A perspective dedicated to David Walker. **Photosynthesis Research**, v. 144, n. 2, p. 69–96, 2012.
- KALAJI, H. M. et al. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 4, p. 102, 2016.
- KÄMPF, A. N. et al. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília, DF: LK Editora e Comunicação, 2006. 132 p.
- KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª edição, Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.
- KERN, J. et al. Synergistic use of peat and charred material in growing media – an option to reduce the pressure on peatlands? **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 25, n. 2, p. 160–174, 2017.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 125–136, 2013.
- LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after out planting. **Forest Nursery Notes**. United States, Department of Agriculture, Forest Service, p. 5-11. 2009.
- LANDIS, T. D.; MORGAN, N. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. In: DUMROESE, R. K.; RILEY, L. E. **National Proceedings: forest and conservation nursery associations**, 2009.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 153 p.
- LAZAROTTO, M. et al. Sanidade, transmissão via semente e patogenicidade de fungos em sementes de *Cedrela fissilis* procedentes da região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 493-503, 2012.
- LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 396, p. 273–284, 1995.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. **Methods in Enzymology**, Amsterdam, v. 148, p. 350-382, 1987.
- LIMA JUNIOR, M. J. V. **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus: UFAM, 2010. 146 p.
- LONGHI, S. J. Aspectos fitossociológicos de uma floresta natural de *Astronium balansae* ENGL., no Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 17, n. 1–2, p. 49–61, 1987.

- LOONEY, C. E. et al. Canopy treatment influences growth of replacement tree species in *Fraxinus nigra* forests threatened by the emerald ash borer in Minnesota, USA. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 47, n. 2, p. 183-192, 2017.
- LORZA, R. F.; CASTRO, A. G.; FIGLIOLIA, M. B. Planejamento e técnicas de coleta de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. (Ed.). **Sementes florestais tropicais: da ecologia a produção**. Londrina: Abrates, 2015. p. 190-205.
- MACHADO, J. C. **Patologia de sementes - fundamentos e aplicações**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1988.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005.
- 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. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 129–140, 2015.
- MARIA, A. V.; ELOY, A. P. Avaliação de atributos físicos do substrato de casca de arroz (*oryza sativa* L.) carbonizada e tratada com polímeros hidrofílicos sintéticos. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, 2009.
- MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 725–735, 2006a.
- MARQUES, V. B. et al. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 71, p. 77-85, 2006b.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro CNCflora, 2013.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - A practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford v. 51, p. 659-668, 2000.
- MCKENNEY, D. W. et al. Beyond traditional hardiness zones: using climate envelopes to map plant range limits. **BioScience**, v. 57, n. 11, p. 929-937, 2007.
- MEGHA, S.; BASU, U.; KAV, N. N. V. Metabolic engineering of cold tolerance in plants. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 88–95, 2014.
- MELCHER, P. J. et al. Determinants of thermal balance in the Hawaiian giant rosette plant, *Argyroxiphium sandwicense*. **Oecologia**, Berlin, v. 98, n.3-4, p. 412–418, 1994.
- MELO-ABREU, J. P. De et al. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 125, n.1-2, p. 117–127, 2004.
- MELO, G. H. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Substratos. In: **Produção de Morangos no Sistema Semi-hidropônico**. Sistemas de Produção, 15. 2006.
- MELOTTO, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 425–432, 2009

- MENDIBURU, F. de. **Agricolae**: Statistical Procedures for Agricultural Research, 2017.
- MEZZOMO, J. C. et al. Does the quality of *Luehea divaricata* seedlings in the nursery correspond to their behavior in the field? **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 8, p. 658–663, 2017.
- MIETH, P. et al. Ground peach pits: alternative substrate component for seedling production. **Journal of Forestry Research**, Berlin, v. 30, n. 4, p. 1–13, 2018.
- MOGLIA, G.; GIMENEZ, A. M. Estructura cortical de Anacardiaceas Argentinas. **Invest. Agr.: Sist. Recur. For**, Buenos Aires v. 4, n. 2, p. 190–203, 1995.
- MOREIRA DA SILVA, A. P. et al. Can current native tree seedling production and infrastructure meet an increasing forest restoration demand in Brazil? **Restoration Ecology**, v. 25, n. 4, p. 509–515, 2017.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.
- NAVROSKI, M. C. et al. Tolerância ao frio e características silviculturais do cedro-australiano no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 47–54, 2017.
- NAVROSKI, M. C. et al. Adubação de mudas em viveiros florestais. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (Orgs.). **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: editoraufsm, 2018. p. 237–257.
- NUNES, Y. R. F. et al. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão-Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 233–243, 2008.
- OLIVEIRA, L. M. de et al. Análise da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes florestais. 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. 123–144.
- OLIVEIRA, R. B. de et al. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122–128, 2008.
- PACHECO, M. V. et al. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 359–367, 2006.
- PAKNEJAD, F. et al. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 6, p. 841–847, 2007.
- PEZZUTTI, R.; V SCHUMACHER, M. V; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 177–185, 1999.
- PIÑÁ-RODRIGUES, F. C. M.; VIEIRA, J. D. Teste de germinação. In: PIÑÁ-RODRIGUES, F. C. M. (Org.). **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cagril, 1988. p. 70–90.

- PINHEIRO, C. G. et al. Efeito da assepsia superficial na germinação e incidência de fungos em sementes de espécies florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 253–260, 2016.
- PINNO, B. D. et al. Trembling aspen seedling establishment, growth and response to fertilization on contrasting soils used in oil sands reclamation. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 92, n. 1, p. 143–151, 2012.
- PISSININ, L. Z. et al. Tratamento de sementes e tipos de substratos na produção de mudas de *Acacia meransii*. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 170–176, 2008.
- PIVETA, G. et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de aroeira-preta (*Lithraea molleoides*) submetidas a métodos de superação de dormência. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 289-297, 2014.
- POCKMAN, W. T.; SPERRY, J. S. Freezing-induced xylem cavitation and the northern limit of *Larrea tridentata*. **Oecologia**, Berlin, v. 109, n. 1, p. 19-27, 1997.
- POIRIER, M.; LACOINTE, A.; AMÉGLIO, T. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. **Tree Physiology**, Oxford, v. 30, n. 12, p. 1555–1569, 2010.
- POKHAREL, P.; CHANG, S. X. Exponential fertilization promotes seedling growth by increasing nitrogen retranslocation in trembling aspen planted for oil sands reclamation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 372, p. 35–43, 2016.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: [s.ed], 1985. 289 p.
- PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, SP: Editora Manole Ltda, 2006. 448 p.
- PRATT, R. B. et al. Xylem root and shoot hydraulics is linked to life history type in chaparral seedlings. **Functional Ecology**, v. 24, n. 1, p.70-81, 2010.
- QUEIROZ, C. G. S.; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brasilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 1, p.59-63, 2002.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.
- REGAN, R. P. Evaluating alternative growing media components. In: WILKINSON, K. M.; HAASE, D. L.; PINTO, J. R. (Ed.). **National proceedings: forest and conservation nursery associations**. 2013, Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2013. p. 92.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). **Comunicado técnico**. Colombo, n. 128, p. 1-4, 2004.
- REGO, S. S. et al. Germinação de sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg em diferentes substratos e condições de temperaturas, luz e umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 212-220, 2009.
- RICCE, W. D. S. et al. Zoneamento agroclimático da cultura do abacaxizeiro no Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2337-2346, 2014.

- 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.
- ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 499–514, 1973.
- RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242–1251, 2009.
- RORATO, D. G. et al. Silvicultura com espécies florestais nativas mediante o plantio de mudas: uma experiência em áreas ripárias no sul do Brasil. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. (Orgs.). **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura**. Santa Maria: editoraufsm, 2018a. p. 369–382.
- RORATO, D. G. et al. Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in southern Brazil. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 3, p. 537–542, 2018b.
- ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 93–104, 2013.
- ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841–852, 2015.
- SAIDELLES, F. L. F. et al. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1173–1186, 2009.
- SAKAI, A.; LARCHER, W. **Frost survival of plants: responses and adaptation to freezing stress**. Berlin, 1987.
- SAKR, S. et al. Plasma membrane aquaporins are involved in winter embolism recovery in walnut tree. **Plant Physiology**, v. 133, p. 630–641, 2003.
- SALES, N. I. S. et al. Patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de *Tectona grandis* L.f. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 970–978, 2018.
- SANTOS, A. F.; PARISI, J. J. D. Características dos fungos associados às sementes florestais. In: SANTOS, A. F.; PARISI, J. J. D.; MENTEM, J. O. M. (Orgs.). **Patologia de Sementes Florestais**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011. p. 69 – 86.
- SCHMIDT, L. **Guide to handling of tropical and subtropical forest seed**. Humlebaek: Danida: Forest Seed Centre, 2000.
- SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937–944, 2002.
- SCHULZE-HOFER, M. C.; MARCHIORI, J. N. C. O uso da madeira nas reduções jesuítico-guarani do Rio Grande do Sul. **BALDUINIA**, Santa Maria, [s.v], n. 23, p. 27–31, 2010.
- SEBASTIAN-AZCONA, J. et al. Survival, growth and cold hardiness tradeoffs in white spruce populations: Implications for assisted migration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 433, p. 544–552, 2019.

- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário florestal nacional**: principais resultados: Rio Grande do Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018.
- SILVA, D. B. et al. Conservação de germoplasma semente em longo prazo. In: NASS, L. L. (Org.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 441–471.
- SILVA, D. G. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento de sementes de *Tabebuia serratifolia*. **Cerne**, Lavras v. 17, n. 1, p. 1–7, 2011.
- SILVA, E. A.; CARVALHO, L. R.; OLIVEIRA, L. M. Sementes florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. (Orgs.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais**: 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras, MG: UFLA, 2015. p. 157–180.
- SILVESTRO, R. et al. From phenology to forest management: Ecotypes selection can avoid early or late frosts, but not both. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v. 436, p. 21–26, 2019.
- SLOAN, J. L.; JACOBS, D. F. Fertilization at planting influences seedling growth and vegetative competition on a post-mining boreal reclamation site. **New Forests**, Netherlands v. 44, n. 5, p. 687–701, 2013.
- SOSBAI - Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**, 29. Itajaí: SOSBAI, 2012. 177 p.
- SOUZA, C. A. et al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243–249, 2006.
- STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. Production and carbon allocation in a clonal *Eucalyptus* plantation with water and nutrient manipulations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v. 255, n. 3-4, p. 920–930, 2008.
- STRECK, E. V et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008 222 p.
- STUEPP, C. A. et al. Clonal forestry of *Piptocarpha angustifolia*: survival and growth vigor in field conditions. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 69–74, 2017.
- SU, L. et al. A novel system for evaluating drought-cold tolerance of grapevines using chlorophyll fluorescence. **BMC Plant Biology**, v. 15, n. 82, p. 69–74, 2015.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 811 p.
- TEÓFILO, E. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* ALLEMÃO) em função do tipo de embalagem, ambiente e tempo de armazenamento. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, n. 2, p. 371–376, 2004.
- THOMAS, C. D. et al. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, p. 145–148, 2004.
- TIAN, N. et al. Influence of container type and growth medium on seedling growth and root morphology of *Cyclocarya paliurus* during nursery culture. **Forests**, Basel, v. 8, n. 10, p. 1–16, 2017.

TURCHETTO, F. et al. Can transplantation of forest seedlings be a strategy to enrich seedling production in plant nurseries? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v. 375, n. 1, p. 96–104, 2016.

UNEP-WCMC. **State of the world's protected areas: an annual review of global conservation progress**. Cambridge: UNEP-WCMC, 2008.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 67–190.

VIEIRA, R. D.; KRZYŻANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Brasília: ABRATES, 1999. p. 1–26.

VIRGENS, I. O. et al. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (Anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 681–692, 2012.

WALKER, C. et al. Viveiro florestal: evolução tecnológica e legalização. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 5, p. 1–7, 2011.

WALKER, C. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Cordia americana* coletadas na planta e no solo. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 10, n. 1, p. 259–262, 2015.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 209–220, 2007.

WIELEWICKI, A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 191–197, 2006.

WUETHRICH, B. Reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. **Science**, v. 315, n. 5815, p. 1070–1072, 2007.

YODER, B. J.; PETTIGREW-CROSBY, R. E. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400–2500 nm) at leaf and canopy scales. **Remote Sensing of Environment**, v. 53, n. 3, p. 199–211, 1995.

ŽIVČÁK, M. et al. Application of chlorophyll fluorescence performance indices to assess the wheat photosynthetic functions influenced by nitrogen deficiency. **Plant, Soil and Environment**, v. 60, n. 5, p. 210–215, 2014.

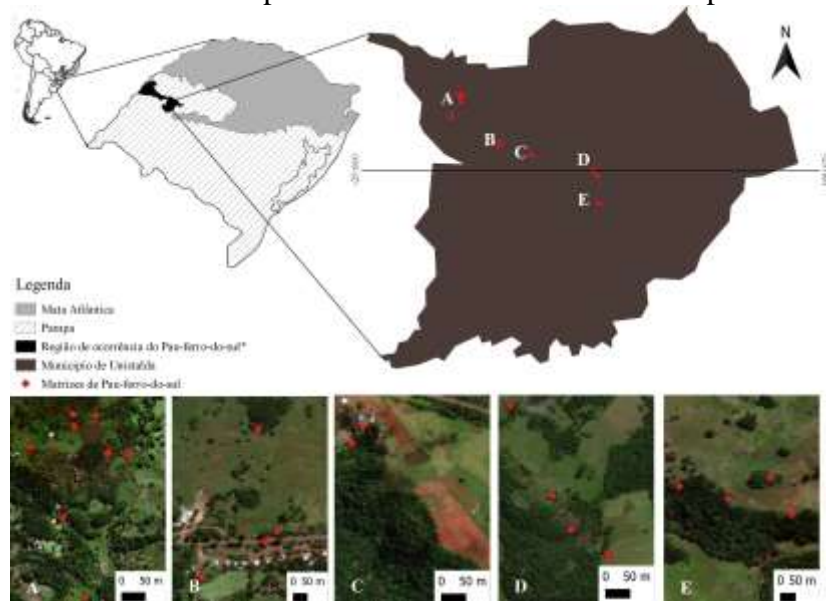
APÊNDICES

APÊNDICE A - Coleta de frutos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, realizada com podão e lona em março de 2016, Unistalda, RS



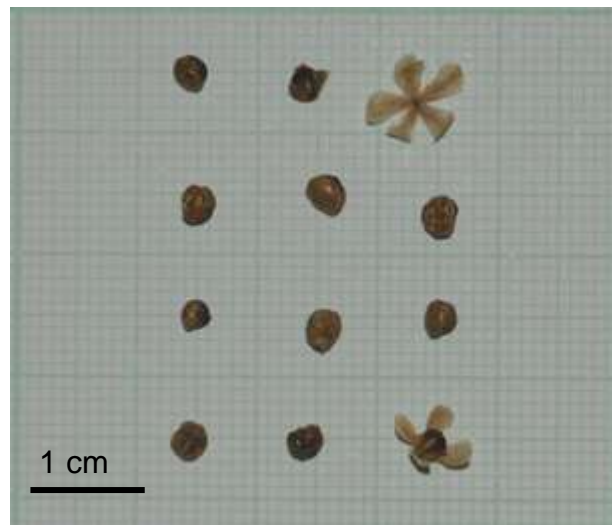
Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE B - Localização das árvores matrizes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin utilizadas para coleta de sementes no Município de Unistalda, RS



Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE C - Diásporos de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin, Laboratório de Silvicultura, UFSM



Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE D – (i) Plântulas normais de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em substrato areia utilizado no teste de germinação; (ii) Teste de sanidade em diásporos



Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE E - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para percentual de germinação (PG), diásporos mortos (DM), índice velocidade de germinação (IVG) para a caracterização inicial do lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin em diferentes substratos

FV	GL	f calculado		
		PG	DM	IVG
Substrato	3	2.03 ^{ns}	2.03 ^{ns}	5.26 ^{**}

FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: $p > 0,05$.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE F - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para percentual de germinação (PG), diásporos mortos (DM), índice velocidade de germinação (IVG) para a caracterização do lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante 18 meses de armazenamento em três ambientes

FV	GL	f calculado		
		PG	DM	IVG
Tempo (T)	3	34.97 **	34.97 **	31.57 **
Ambiente (A)	2	60.15 **	60.15 **	63.85 **
T X A	6	12.61 **	12.61 **	12.15 **

FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: $p > 0,05$.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE G - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para incidência de fungos no lote de sementes de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin durante três períodos (tempo) em três ambientes de armazenamento (ambiente)

FV	GL	f calculado		
		<i>Alternaria</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.
Tempo (T)	2	3.37*	1.98 ^{ns}	86.73 **
Ambiente (A)	2	2.30 ^{ns}	22.66**	360.12 **
T X A	4	3.55*	9.15**	75.81 **

FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: $p > 0,05$.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE H - Resultado da Análise de Variância (f calculado) das mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin para os atributos morfofisiológicos aos 130 dias após a semeadura

FV	GL	f calculado											
		H	DC	MSA	MSR	MST	IQD	CR	AF	H/DC	Fo	Fm	Fv/Fm
Substrato (S)	3	32.67**	66.52**	40.63**	22.06**	43.21**	14.43**	11.34**	33.36**	9.85**	3.18*	3.38*	2.69 ^{ns}
Fertilizante(F)	3	25.01**	258.23**	297.32**	46.88**	175.26**	38.54**	31.40**	292.71**	179.57**	13.17**	7.81**	6.34**
S X F	9	6.92**	8.32**	16.75**	4.7**	12.65**	2.95**	1.45 ^{ns}	1.93 ^{ns}	0.49 ^{ns}	1.23 ^{ns}	1.33 ^{ns}	1.39 ^{ns}

FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: $p > 0,05$; sendo: altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa sec massa seca total (MST), Índice de qualidade de Dickson (IQD), comprimento radicular (CR), área foliar (AF), relação altura diâmetro do coleto (H/DC), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm).

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE I - Atributos químicos do solo na camada 0,0-0,20 metros da área de plantio, Unistalda, RS

Atributos	Valores
Matéria Orgânica (%)	2,5
Argila (%)	34,0
Saturação por bases (%)	75,6
pH em H ₂ O (1:1)	5,6
P disponível (extraído por Mehlich ⁻¹) (mg dm ⁻³)	3,0
K trocável (extraído por Mehlich ⁻¹) (mg dm ⁻³)	160,0
Ca trocável (extraído por KCl 1 mol L ⁻¹) (cmolc dm ⁻³)	10,4
Mg trocável (extraído por KCl 1 mol L ⁻¹) (cmolc dm ⁻³)	3,0
Al trocável (extraído por KCl 1 mol L ⁻¹) (cmolc dm ⁻³)	0,0
Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 cmolc dm ⁻³	18,2
Índice SMP	6,0

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE J - Registro de geadas e intensidade nos meses de junho e julho de 2018, nas estações meteorológicas próximas ao plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin

Cidade	Distância do experimento (Km)	Mês	Temperatura	Intensidade			
Santa Maria	141,3	Jun	4,2	FRACA			
			4,2	FRACA			
			3,0	FRACA			
			3,0	FRACA			
			2,4	MODERADA			
			1,2	MODERADA			
			-0,6	FORTE			
			-1,0	FORTE			
			0	FORTE			
			4	FRACA			
São Luiz Gonzaga	76,7	Jun	3,6	FRACA			
			1,0	MODERADA			
			1,0	MODERADA			
			2,2	MODERADA			
			3,6	FRACA			
Jul			4,0	FRACA			
Uruguaiiana	206,6	Jun	0,8	FORTE			
			2,4	MODERADA			
			-0,6	FORTE			
			0,7	FORTE			
			2,2	MODERADA			
			4,0	FRACA			
			Jul			3,0	FRACA
						3,3	FRACA

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2019).

APÊNDICE K - Resultado da Análise de Variância (*f* calculado) para os atributos fisiológicos, de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin aos 180 dias após o plantio

FV	GL	<i>f</i> calculado						
		chl <i>a</i>	chl <i>b</i>	chl tot	car	Fv/Fm	Fo	Fm
Tempo (T)	3	1.64 ^{ns}	1.53 ^{ns}	1.53 ^{ns}	1.79 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.13 ^{ns}
Bloco (A)	3	0.22 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.22 ^{ns}	1.17 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Resíduos	9	-	-	-	-	-	-	-

p* <0,05; *p* <0,01; ns: não significativo; H = altura; DC = diâmetro do coleto; Chl *a* = clorofila *a*; Chl *b* = clorofila *b*; chl tot = clorofila total; Car = carotenoides; Fo = fluorescência inicial; Fm = fluorescência máxima; Fv/Fm = relação Fv/Fm.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE L - Resultado da Análise de Variância (*f* calculado) para o número de brotos aos 450 dias do plantio de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin

FV	GL	<i>f</i> calculado
		Número de Brotos
Tempo (T)	3	10.08**
Bloco (A)	3	4.89*
Resíduos	9	-

p* <0,05; *p* <0,01; ns: não significativo.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE M - Resultado da Análise de Variância (f calculado) para os atributos morfológicos altura e diâmetro do coleto aos 90,180,270,360 e 450 dias após o plantio de mudas de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin

FV	GL	f calculado (90 dias)	
		Altura	Diâmetro do Coletor
Tempo (T)	3	1.844 ^{ns}	1.393 ^{ns}
Bloco (A)	3	1.263 ^{ns}	0.1258 ^{ns}
Resid	9		
FV	GL	f calculado (180 dias)	
		Altura	Diâmetro do Coletor
Tempo (T)	3	57.345 ^{**}	15.2042 ^{**}
Bloco (A)	3	3.581 ^{ns}	0.6847 ^{ns}
resid	9		
FV	GL	f calculado (270 dias)	
		Altura	Diâmetro do Coletor
Tempo (T)	3	21.4194 ^{**}	29.9226 ^{**}
Bloco (A)	3	0.8004 ^{ns}	0.9871 ^{ns}
resid	9		
FV	GL	f calculado (360 dias)	
		Altura	Diâmetro do Coletor
Tempo (T)	3	4.2725 [*]	25.379 ^{**}
Bloco (A)	3	4.5321 [*]	1.3238 ^{ns}
resid	9		
FV	GL	f calculado (450 dias)	
		Altura	Diâmetro do Coletor
Tempo (T)	3	6.48 [*]	17.3823 ^{**}
Bloco (A)	3	1.43 ^{ns}	1.7691 ^{ns}
resid	9		

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns: não significativo.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE N - Danos causados por geada aos 270 dias após o plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada



Sendo: (i) planta com caule e folhas danificados; (ii) folhas danificadas; (iii) Folhas e caule danificados; (iv) folhas danificadas; (v) plantas danificadas pela geada.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE O - Danos causados por geada aos 360 dias após o plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada



Sendo: (i) sem aplicação de ureia; (ii) dose de 50 kg ureia ha⁻¹; (iii) dose de 100 kg ureia ha⁻¹; (iv) dose de 200 kg ureia ha⁻¹.

Fonte: O autor (2019).

APÊNDICE P - Resiliência à geada aos 450 dias após o plantio de *Myracrodruon balansae* (Engler) D. A. Santin sob adubação nitrogenada



Sendo: (i) sem aplicação de ureia; (ii) dose de 50 kg ureia ha⁻¹; (iii) dose de 100 kg ureia ha⁻¹; (iv) dose de 200 kg ureia ha⁻¹.

Fonte: O autor (2019).