

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE MUDAS DE *Euterpe edulis*
Martius DE DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E
IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA**

RODRIGO MINICI DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP
Julho - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE MUDAS DE *Euterpe edulis*
Martius DE DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E
IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA**

RODRIGO MINICI DE OLIVEIRA

Orientadora: Profa. Dra. Vera Lex Engel

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rolim de Almeida

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP
Julho - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Oliveira, Rodrigo Minici de, 1988-
O48d Desempenho ecofisiológico de mudas de *Euterpe edulis* Martius de diferentes estádios de desenvolvimento e implicações para a restauração ecológica / Rodrigo Minici de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2015
xi, 85 f. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Vera Lex Engel
Coorientador: Luiz Fernando Rolim de Almeida
Inclui bibliografia

1. Palmeiras - Irrigação. 2. Irrigação com déficit hídrico. 3. Recuperação ecológica. 4. Mudanças climáticas. I. Engel, Vera Lex. II. Almeida, Luiz Fernando Rolim de. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE MUDAS DE *Euterpe edulis* Martius DE DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

AUTOR: RODRIGO MINICI DE OLIVEIRA

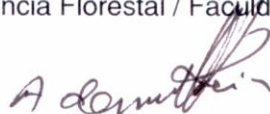
ORIENTADORA: Profa. Dra. VERA LEX ENGEL

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. VERA LEX ENGEL

Dep de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu


Prof. Dr. ADEMIR REIS

Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE SANTIN BRANCALION

Depto. Ciências Florestais - ESALQ - USP

Data da realização: 15 de julho de 2015.

Aos meus amados pais,

Mario e Deise

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Jamais saberia por onde começar se duas pessoas que trabalharam comigo, desde o início deste projeto (de vida) não tivesse se destacado tanto: meus pais, Deise e Mario, que por sua vez, dedicaram suas vidas à minha criação. Minha mãe, sempre proporcionando meios de me manter focado nos estudos, com roupinha limpa e a melhor comida do mundo. E meu pai, que por quantas vezes foi auxiliar de campo e desceu à Mata do Bixiguento e áreas de Restauração, se esquivando de cascavel e atento pra ouvir o *chuê-chuá* da pisada da onça. Até uma *pick-up* ele optou em comprar, pra viabilizar nossas atividades de campo. Agradeço especialmente, a eles e a Deus, por me colocar no seio de uma família tão amorosa.
- Agradeço incondicionalmente à minha orientadora Professora Vera Lex Engel, pela orientação, amizade e confiança ao longo desses anos de trabalho. Sua ética e perspectiva de mundo tem me inspirado e guiado sempre que me deparo com questões que envolvem o Homem e Natureza.
- Ao meu coorientador Professor Luiz Fernando Rolim de Almeida e ao doutorando Angelo Albano da Silva Bertholdi por todo suporte técnico e científico dedicado a este projeto e pela amizade e parcerias estabelecidas.
- Aos professores da banca de qualificação, Filipe P.G. Bonfim e Magali R. da Silva, e da banca de defesa, Pedro Henrique S. Brancalion e Ademir Reis, por dedicarem seu tempo à apreciação deste projeto e sugerirem um possível melhor caminho a seguir.
- Ao Professor José Raimundo S. Passos e ao Danilo S. Ré por tornarem as análises estatísticas momentos de aprendizado e de amizade.
- Aos amigos e parceiros de laboratório Jader de Andrade Bartolomeu e Vânia Nogueira de Paula Eburneo, pela relação sinérgica que estabelecemos e a todos os amigos do Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal - LERF que contribuíram com a execução deste projeto, bem como da minha formação profissional, em especial aos membros da velha-guarda, Leonardo, Rita Camila, Diego, David, Gisele, Danilo (Pitta), Luciane, Dani, Sergianne e aos mais recentes Dimitrio, Thayana, Diana, Bruno Menicucci, Matheus, Sol, e por aí vai. Forte abraço também a todos que auxiliaram na implantação do projeto e nas idas a campo.

- À professora Magali Ribeiro da Silva e a toda equipe do viveiro, Claudinho, Seu João, Dinho, Seu Martineli, Chiquinho e ao nobre Dicão, pela amizade e suporte técnico e científico.
- Aos professores Luiz César Ribas, Renata Cristina B. Fonseca e Luiz Alberto Blanco Jorge pela amizade e valiosas contribuições à minha formação profissional.
- À equipe da secretaria do DCF, Rosângela e Felipe, e da Seção Técnica de pós-graduação, em especial à Taynan, que permitiram o caminhar do processo burocrático do modo o menos árduo possível.
- Aos amigos juçareiros da ESALQ/USP, Saulo, Germano, Regina, Isa, Anna Maria e a todos do Laboratório de Silvicultura Tropical - LASTROP, na pessoa do prof. Pedro Brancalion, pela troca de experiências e aprendizado proporcionados.
- Aos meus camaradas do Grupo de Capoeira Angola Café Amarelo de Angola, que estiveram comigo ao longo deste projeto, e à Capoeira, que tem me dado saúde física, mental e espiritual.
- A todos meus amigos da XXI turma de Engenharia Florestal da FCA/UNESP de Botucatu e das repúblicas Mukifo e Panacéia, pela alegria de viver.

Gratidão a todos!

*“Eu sou fruta madura
Cai do pé lentamente
Na queda larga semente
Procura terra fresca
Pra ser fruta novamente”*

Mestre João Grande

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XIII
RESUMO	1
SUMMARY	3
INTRODUÇÃO GERAL	5
REVISÃO DE LITERATURA	9
Relações hídricas nas plantas e mecanismos de proteção aos extremos ambientais	9
Principais alterações fisiológicas em resposta ao déficit hídrico	11
Principais alterações morfológicas em resposta ao déficit hídrico	15
Importância do conhecimento ecofisiológico na restauração ecológica	16
Capítulo 1. RESPOSTAS AO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE <i>Euterpe edulis</i> Martius EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO	19
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	22
Local do experimento	22
Condições ambientais	22
Material biológico	23
Condução do experimento	23
Avaliações ecofisiológicas	24
Avaliações morfológicas	25
Análise dos dados	25
RESULTADOS	26
CONCLUSÕES	32
Capítulo 2. ENRIQUECIMENTO DE ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL COM <i>Euterpe edulis</i> Martius	33
INTRODUÇÃO	33
OBJETIVOS	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
Caracterização da área de estudo	38
Material biológico	42
Coleta de dados	43
Análise estatística dos dados	46
RESULTADOS	48
Meio físico	48

Análise de sobrevivência	54
Parâmetros ecofisiológicos	54
Desenvolvimento das mudas	60
DISCUSSÃO	62
Relação entre sobrevivência e as condições do meio físico	62
Capacidade de tamponamento de condições ambientais extremas dos sistemas de plantio e implicações para <i>Euterpe edulis</i>	64
Respostas ecofisiológicas e morfológicas de <i>Euterpe edulis</i> em diferentes estádios de desenvolvimento em condições de campo	65
CONCLUSÕES	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXO	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Condutância estomática (g _s) em plantas de <i>Euterpe edulis</i> das classes A e B, segundo o regime de disponibilidade hídrica.....	26
Figura 2. Fotografia aérea indicando as áreas 1 e 2 e a mata referência.....	38
Figura 3. Arranjo das parcelas e unidades experimentais na área 2.....	43
Figura 4. Extrato do balanço hídrico mensal e temperaturas médias para ao período de estudo, segundo dados meteorológicos diários fornecidos pela Estação Meteorológica da Fazenda Lageado – FCA/UNESP e dados meteorológicos mensais para o município de Botucatu, SP.....	49
Figura 5. Valores médios de umidade do solo (%), segundo a profundidade (0-15 cm e 15-30 cm) e área (1 e 2) para os tratamentos SAF e PAD, no tempo (meses).....	51
Figura 6. Valores médios de temperatura máxima °C e umidade relativa do ar mínima (%), segundo o tratamento (SAF e PAD) e tempo (meses).....	52
Figura 7. Valores médios de RFA (%), segundo as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia, tratamento (SAF e PAD) e tempo (meses).....	53
Figura 8. Curvas de sobrevivência segundo as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia, sistema (SAF e PAD) e classe (A e B), no tempo (meses).....	54
Figura 9. Valores médios de condutância estomática ao vapor d'água ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de plantas das classes A e B, tratamentos PAD e SAF, no tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia.....	55
Figura 10. Valores médios de déficit pressão de vapor (%), para os tratamentos PAD e SAF, classe A e B, no tempo (meses), nas áreas 1 Lageado e 2 Edgardia.....	56
Figura 11. Valores médios de Conteúdo relativo de água (%) e Potencial hídrico foliar (MPa), segundo as classes A e B, tratamentos PAD e SAF ao longo do tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia.....	58
Figura 12. Diferenças entre as classes A e B para os valores médios de eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m) segundo as áreas 1 e 2.....	59
Figura 13. Valores médios de Altura (cm), Diâmetro a altura do colo (mm) e Nfol de plantas das classes A e B, nos tratamentos PAD e SAF, no tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação massa seca da raiz e da parte aérea (raiz/parte aérea) em plantas de <i>Euterpe edulis</i> das classes A e B, segundo o regime de déficit.....	27
Tabela 2. Análise físico-química dos solos das áreas 1 e 2, na profundidade de 0-40 cm, para o ano de 2013.....	39
Tabela 3. Área basal (m ² /ha) e densidade (ha) da comunidade arbórea (indivíduos plantados e regeneração natural com altura > 1,3 m) dos modelos de restauração SAF e PAD das áreas 1 e 2, em 2013.....	41
Tabela 4. Propriedades físico-químicas dos solos dos modelos de restauração SAF e PAD das áreas 1 e 2, na profundidade de 0-40 cm, para o ano de 2013.....	41
Tabela 5. Características das plantas de <i>Euterpe edulis</i> para as classes A e B, ao início do experimento.....	42
Tabela 6. Valores médios da precipitação trimestral precipitação efetiva (mm) e precipitação interna (mm) nos tratamentos SAF e PAD, e valores de referência da Estação Meteorológica – EMET (mm), segundo o tempo (trimestres).....	50
Tabela 7. Valores médios da umidade do solo (%) compreendidos em intervalos de valores de tensão de água no solo (MPa) nas áreas 1 e 2, para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CO ₂ – dióxido de carbono
KPa e MPa – kilopascal e megapascal
PSI e PSII – fotossistemas I e II
e^- – elétron
s – segundo
min – minuto
h – hora
qP – <i>quoting fotoquímico</i>
Q _A e Q _B – quinonas A e B
NPQ – <i>quenching não-fotoquímico</i>
F ₀ e F _m – níveis mínimo e máximo de fluorescência
F _v – fluorescência variável
F _v /F _m – rendimento quântico máximo da fotoquímica de PSII
ΦPSII – rendimento quântico efetivo do fotossistema II
EROs – espécies reativas de oxigênio
DFFF – densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos
DNA e RNA – ácidos ácido desoxirribonucleico e ribonucleico
S – sul
O – oeste
DAIR – dias após início do regime
CC – capacidade de campo
DF1 – regime de déficit hídrico 1
DF2 – regime de déficit hídrico 2
R – reidratação
g _s – condutância estomática
DPV – déficit de pressão de vapor
T _{ar} – temperatura do ar
raiz/parte aérea – relação entre a massa seca da raiz e da parte aérea
ABA – ácidoabscísico
MO – matéria orgânica
Pres – fósforo
Hal – hidrogênio + alumínio
K – potássio
Ca – cálcio

Mg – magnésio
SB – soma de bases
CTC – capacidade de troca catiônica
V – saturação por bases
NT – nitrogênio total do solo
COT – carbono total do solo
C/N – relação carbono/nitrogênio
Ds – densidade do solo
Dp – densidade das partículas
VTP – volume total de poros
°C – Celsius
cm, dm e m – centímetro, decímetro e metro
mm – milímetros
ha – hectare
% – percentual
SAF – sistema Agroflorestal
PAD – plantio de alta diversidade
H – altura
DAC – diâmetro a altura do colo
Nfol – número de folhas
AF – área foliar
IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
FCA/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista
ETP – evapotranspiração potencial
Ψ _{ms} – potencial matricial do solo
Tmax – temperatura máxima
URmin – umidade relativa do ar mínima
RFA – radiação fotossinteticamente Ativa
CRA – conteúdo relativo de água
Ψ _{hf} – potencial hídrico foliar
PD – <i>predawn</i>
EMET – estação Meteorológica
PMP – ponto de murcha permanente

DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE MUDAS DE *Euterpe edulis* Martius DE DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO E IMPLICAÇÕES PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA. Botucatu, 2015, 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal/Conservação da Natureza) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: RODRIGO MINICI DE OLIVEIRA

Orientadora: VERA LEX ENGEL

Coorientador: LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA

RESUMO

Euterpe edulis Martius possui elevado potencial econômico e ecológico em projetos de restauração da Mata Atlântica, como fonte de produtos florestais não-madeireiros e recursos alimentares a uma ampla guilda de frugívoros. Entretanto, por ser exigente em sombra e especialista de habitats úmidos, o déficit hídrico do solo pode limitar seu estabelecimento em áreas fora de sua zona ótima de distribuição. Em florestas naturais, a mortalidade de plântulas é muito alta (>95%) e quase nula em plantas com mais de 50 cm de altura, o que tem sido atribuído à maior plasticidade fenotípica, embora não haja estudos que comprovem tal característica. Visando ampliar as chances de sucesso em plantios de enriquecimento de *Euterpe edulis* em áreas de restauração da Floresta Estacional Semidecidual, conduzimos dois experimentos investigando respostas ao déficit hídrico na espécie. Em casa de vegetação, avaliamos plantas de dois estádios de desenvolvimento, representados pelas classes A (plantas com ± 15 cm de altura e 2 anos) e B (± 50 cm de altura e 4 anos), ao longo de três regimes de disponibilidade hídrica (déficit hídrico, reidratação e nova submissão ao déficit hídrico). Em resposta ao déficit hídrico e à reidratação, a classe B teve desempenho superior à classe A, promovendo o fechamento e abertura estomática mais rapidamente, o que foi atribuído às diferenças morfológicas existentes entre as classes. Na nova submissão ao déficit hídrico, a classe B apresentou controle estomático superior à classe A e ao grupo controle mantido sob contínua irrigação, demonstrando efeito de melhoria a um ciclo recorrente de déficit hídrico. Paralelamente, observamos um ajuste mais eficiente da relação massa seca da raiz e da parte aérea na classe B (0.91 ± 0.32), enquanto a classe A atingiu apenas 0.51 ± 0.17 . Esse fato indica a possibilidade de se elevar a tolerância da espécie ao déficit hídrico mediante processo de rustificação, especialmente em plantas de estádios de desenvolvimento mais avançados. No

experimento conduzido em campo, testamos avaliamos a adaptação de *Euterpe edulis* em sistema de enriquecimento testando como fatores: plantas de 2 estádios de desenvolvimento, 2 sistemas de restauração diferentes em composição e estrutura e 2 tipos de solo contrastantes. Avaliamos respostas de sobrevivência, desenvolvimento e mecanismos ecofisiológicos relacionados à tolerância de *Euterpe edulis* ao déficit hídrico, por meio de avaliações das relações hídricas e fluorescência da clorofila *a*. Paralelamente monitoramos as condições do meio físico das áreas ao longo do ano. O estudo coincidiu com um verão extremamente seco e uma atípica época seca de inverno, ambos precedidos por elevadas temperaturas, conferindo condições severas ao crescimento e sobrevivência das plantas. O risco de mortalidade foi 2,1 maior para plantas do estágio de desenvolvimento inferior em comparação com o estágio superior; 1,6 maior no sistema agroflorestal em comparação com o plantio de alta diversidade; e 3,5 vezes na área situada em solo arenoso em comparação com a área de solo argiloso. Confirmamos a importância dos fatores testados, no entanto, obtivemos taxas de sobrevivência quase nulas após um ano, independente do tratamento. Concluímos que condições ambientais extremas podem se sobrepor à capacidade de sobrevivência e adaptação de *Euterpe edulis* em áreas de restauração da Floresta Estacional Semidecidual. Considerando as projeções de aumento da recorrência de eventos climáticos extremos devido à mudança climática global, pode ser arriscado investir em plantios de restauração utilizando espécies pouco tolerantes a estresses ambientais, especialmente esperando-se retorno econômico.

Palavras-chave: Déficit hídrico, reidratação, estágio de desenvolvimento, plantio de enriquecimento, mudanças climáticas.

ECOPHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF *Euterpe edulis* Martius SEEDLINGS AT DIFFERENT GROWTH STAGES AND IT IMPLICATIONS FOR ECOLOGICAL RESTORATION. Botucatu, 2015, 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal/Conservação da Natureza) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODRIGO MINICI DE OLIVEIRA

Adviser: VERA LEX ENGEL

Coadviser: LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA

SUMMARY

Euterpe edulis Martius has a high ecological and economical potential for ecological restoration projects in the Brazilian Atlantic Rainforest, enhancing economic outcomes by providing NTFP as well as food for a wide guild of frugivores. However, as its optimal distribution range includes wetter habitats, the water deficit can constraint successful enrichment plantings in seasonally dry forests. In natural forests, seedling mortality is very high (>95%) and almost null in plants higher than 50 cm, what has been attributed to phenotypic plasticity, although there are no studies proving that. Aiming to increase the chances of success in *Euterpe edulis* enrichment plantings in seasonally dry forests under restoration process, we conducted two experiments investigating responses to water deficit in the species. In greenhouse conditions, we evaluated plants of two growth stages, represented by classes A (plants with ± 15 cm of height and 2 years old) e B (± 50 cm height and 4 years), during 3 regimes of water availability (water deficit, rewatering, and subsequent water deficit). The results showed plants of class B presented superior performance when compared to class A in response to water deficit and rewatering, promoting more quickly stomatal closing and opening, what has been assigned to existing morphological differences between classes. When subjected once more to water deficit, the class B presented superior stomatal control when compared to class A and to the control group kept under constant irrigation, demonstrating improvement effect to a recurring cycle of drought. Concurrently, was observed a more efficient adjust on class B regarding to root-to-shoot ratio (0.91 ± 0.32), while class A just reached adjust of 0.51 ± 0.17 . The results indicate the possibility of improve water deficit tolerance trough by hardening techniques in nurseries, especially in plants of more advanced growth stages. In the experiment conducted in the field, we evaluated the performance of *Euterpe edulis* in

enrichment planting systems, testing as factors: 2 seedling growth stages, 2 reforestation systems, 2 different in composition and structure and 2 contrasting soil types. We evaluated responses in survival, development and ecophysiological mechanisms related to water deficit tolerance in *Euterpe edulis*, through assessments of water relations and chlorophyll a fluorescence. Concurrently, we monitored the conditions of the physical environment of the areas throughout the year. The study coincided with an unusual extremely dry summer, hindering growth and survival of outplanted seedlings. Mortality risks were 2,1 fold for the earlier development stage than for the more advanced one; 1,6 fold for the agroforestry system compared with the mixed-species plantation; and 3,5 fold for the sandy soil when compared to the clayey soil. The hypotheses were all confirmed. Nevertheless, survival rates after one year were very low for all treatments, indicating that extreme environmental conditions can surpass the capacity of the species to survive and adapt in seasonally dry forests. Relying in only one reforestation technique or species can be risky.

Keywords: Water deficit, rewatering, growth stages, enrichment planting, global climate change.

INTRODUÇÃO GERAL

Com a recente e gradativa incorporação de valores econômicos e sociais ao contexto da Restauração Ecológica (ENGEL e PARROTTA, 2008; SHACKELFORD et al., 2013) novas oportunidades têm sido reconhecidas quanto à exploração econômica de áreas restauradas. Algumas abordagens e experiências apontam a possibilidade de se cobrirem os custos associados à implantação e manutenção dos projetos de restauração e até mesmo de se viabilizar a atividade como alternativa de geração e diversificação da renda no meio rural (ENGEL e PARROTTA, 2008). Nesse sentido, especialistas indicam que a produção de bens madeireiros, não-madeireiros e serviços ambientais deve ser planejada para gerar renda regularmente ao longo do tempo (BRANCALION et al., 2012).

Uma das formas de aumentar o potencial de geração de renda a partir de áreas em processo de restauração é o uso ou enriquecimento com espécies de potencial econômico (LAMB et al., 2005; ENGEL, 2007). Dentre as plantas de importância ecológica e potencial econômico pelo uso múltiplo destacam-se as palmeiras. São conhecidos aproximadamente 200 gêneros e 1500 espécies de palmeiras (família Arecaceae), com distribuição pantropical, ampla variação geográfica na riqueza de espécies, composição filogenética e formas de vida (HENDERSON et al., 1995; DRANSFIELD et al., 2008). Do ponto de vista ecológico, a família destaca-se nas florestas tropicais, podendo contribuir com até 60% do conteúdo energético de todos os frutos

disponíveis (SCHAEFER et al., 2002). Além disso, as palmeiras podem atuar como espécie-chave na manutenção e funcionamento dos ecossistemas florestais, através da produção de flores e frutos nos períodos de maior escassez de recursos (JOHNSON, 1996).

As palmeiras compõem um dos grupos de plantas mais utilizados pelo homem em todo o mundo. Possuem destacada importância especialmente para os povos indígenas, provendo matéria-prima para construção de moradias, fibras para elaboração de ferramentas e utensílios, além de alimento para a subsistência, proveniente dos frutos e meristema apical (palmito) (HENDERSON, 1995). No mercado econômico algumas espécies destacam-se, como *Elaeis guineenses* Jacq. para a produção de óleo, *Cocos nucifera* L. na indústria alimentícia, e o próprio *Euterpe oleraceae* Mart. Com múltiplos usos (CLEMENT et al., 2005).

Diante do potencial ecológico e econômico das palmeiras, especialmente considerando a geração de produtos florestais não-madeireiros (GRIMES et al., 1994; VAN ANDEL et al., 2004), abrem-se as portas ao uso destas na busca da sustentabilidade econômica de projetos de restauração. Brancalion et al. (2012) ilustram esse potencial com o caso do uso do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Martius) em projetos de restauração da Mata Atlântica. Estes autores apresentam indicadores econômicos que apontam a viabilidade econômica do uso-múltiplo dos subprodutos dessa palmeira: palmito, frutos para a produção de polpa semelhante ao açaí amazônico e o aproveitamento das sementes para produção de mudas e comercialização no mercado da restauração ecológica.

Os interesses ao emprego da *Euterpe edulis* em projetos de restauração ecológica são diversos e os benefícios esperados relacionam-se:

- I) à espécie, ameaçada de extinção em decorrência da sobre-exploração e da limitação de habitats (MATOS e BOVI, 2002; CARVALHO et al., 2015), que podem ser ampliados pela restauração ecológica, já que suas populações naturais encontram-se em situação de intensa fragmentação, erosão genética e incipiente fluxo gênico (REIS et al., 2000);
- II) ao processo de restauração de ecossistemas, dado o potencial da espécie de acelerar a dinâmica sucessional da comunidade florestal a qual se insere, por atrair ampla guilda de frugívoros dispersores de sementes (REIS e KAGEYAMA, 2000);

- III) aos agentes sociais envolvidos no processo, diante da potencial geração de renda por meio do uso-múltiplo da espécie (BRANCALION et al., 2012).

Considerando o aproveitamento econômico de áreas em restauração como uma abordagem relativamente recente, algumas dificuldades e limitações podem surgir como fatores limitantes à prática, inclusive relacionadas ao uso das palmeiras. A primeira dificuldade é inerente às áreas em restauração, pela possível ação de filtros ambientais, dificultando a introdução de novas espécies e a manutenção destas no sistema (HOBBS e NORTON, 2004). A segunda dificuldade relaciona-se às características morfológicas e fisiológicas das palmeiras, que lhes conferem relativa ausência de mecanismos de tolerância aos estresses ambientais (HENDERSON et al., 1995; TOMLINSON, 2006).

Para que o restaurador possa decidir sobre a viabilidade da introdução de palmeiras em projetos de restauração é necessário considerar as possíveis limitações da área e as características ecofisiológicas da espécie alvo. Nesse sentido, o conhecimento dos mecanismos fisiológicos que determinam a tolerância das plantas a ambientes estressantes e resultados de pesquisas que avaliam o desempenho das espécies em condições adversas podem fornecer subsídios ao processo de tomada de decisão racional e ainda, contribuir com o avanço da ciência da restauração ecológica (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006; COOKE e SUSKIE, 2008). Dentre os fatores de estresse ambiental, a disponibilidade hídrica tem sido apontada como o principal fator que influi nas atividades de produção e restauração (CHAPIN et al., 2002),

Dando continuidade a uma série de pesquisas prévias realizadas visando obter sucesso na introdução da palmeira-juçara em áreas da Floresta Estacional Semidecidual em processo de restauração, conduzimos um estudo em casa de vegetação para avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre a espécie, e assim, prever o desempenho da espécie após transplântio para condições de campo.

No estudo consecutivo, em que se realiza o enriquecimento de áreas da Floresta Estacional Semidecidual em processo de restauração, o potencial de adaptação da espécie é avaliado considerando-se as respostas ecofisiológicas aos fatores ambientais de plantas de diferentes estádios de desenvolvimento, influenciando nas chances de sucesso no estabelecimento inicial em condições de plantio. Essa hipótese baseia-se na estrutura populacional da espécie, que tende ao “J” invertido (CONTE et al., 2003) e

resulta em diferentes taxas de mortalidade de plantas de diferentes estádios de desenvolvimento em condições naturais (CONTE et al., 2000).

Avaliamos a capacidade de áreas em restauração atenderem às exigências ecológicas específicas necessárias ao estabelecimento inicial de *Euterpe edulis* (REIS e REIS 2000), comparando-se o desempenho da espécie no enriquecimento de dois modelos restauração florestal contrastantes quanto à composição, estrutura e objetivos. Avaliamos o meio físico nestes modelos, esperando condições microclimáticas diferenciadas, principalmente quanto à capacidade de manutenção da água no sistema e no perfil da radiação fotossinteticamente ativa incidente sob as plantas, especialmente diante da marcante sazonalidade estacional regional (CUNHA e MARTINS, 2009).

Para contemplar essas questões, a dissertação foi estruturada em dois capítulos, referentes a dois experimentos, o primeiro desenvolvido em condições semicontroladas (casa de vegetação), e o segundo desenvolvido em condições de campo.

REVISÃO DE LITERATURA

Relações hídricas nas plantas e mecanismos de proteção aos extremos ambientais

A água possui papel crucial nos processos fisiológicos vegetais, pois representa 70 a 95% da biomassa dos tecidos não lignificados. Na célula é o principal meio de transporte de metabólitos, enquanto na planta é o principal meio de transporte de carboidratos, nutrientes e hormônios, necessários ao crescimento e desenvolvimento vegetal. A água tem importante função estrutural e de suporte, o que é obtido através da pressão de turgor exercida contra as paredes dos tecidos (LAMBERS et al., 1998).

As relações hídricas geralmente são descritas em termos do potencial hídrico. Por potencial hídrico entende-se o potencial químico da água numa parte específica do sistema, comparado ao potencial químico da água pura à mesma temperatura e pressão atmosférica (com valor de 0 MPa, por definição). As relações hídricas são também observadas através do *continuum* solo-planta-atmosfera, seguindo o gradiente de potencial químico. Desse modo, as plantas podem retirar a água da solução do solo apenas quando o potencial hídrico das suas raízes finas for mais negativo do que a solução do solo nas suas imediações. As raízes normalmente desenvolvem potencial hídrico negativo de alguns décimos de MPa, suficiente para retirar a maior parte da água dos solos úmidos (LAMBERS et al., 1998).

Em condições de disponibilidade irrestrita, a água da solução do solo atravessará a planta continuamente até ser liberada à atmosfera pelas folhas, via

transpiração, enquanto em condições de déficit hídrico no solo, a água perdida por transpiração não será repostada, gerando a perda de turgor celular. A partir então, iniciam-se os primeiros efeitos do déficit hídrico, com a diminuição da transpiração e da capacidade de absorção e assimilação de CO₂ (BRAY, 2001). Por outro lado, inicia-se nas células das raízes a ativação de processos que visam limitar a perda de água pela planta e mitigar seus efeitos nocivos (ROBBINS II e DINNENY, 2015).

A natureza sésil das plantas as tornam constantemente expostas a variados estresses ambientais. Em consequência, diferentes estratégias foram desenvolvidas para lidar com essas condições extremas. Com relação ao déficit hídrico, as estratégias adotadas estão ligadas às habilidades de escape, evitação e tolerância, sendo que tais estratégias podem variar entre espécie ou mesmo se complementar ao longo da história de vida das plantas (LEVITT, 1980 ab; BRAY, 2001).

Dentre as estratégias ligadas à limitação da perda de água, o escape se dá mediante ao estado de latência, por meio da perda de partes pela planta ou da finalização do ciclo de vida ainda em época favorável. A estratégia de evitação ocorre mediante ajustes metabólicos e morfoanatômicos que permitem a manutenção do potencial hídrico interno dentro de faixa razoavelmente constante, mesmo em condições de déficit hídrico no solo. A adoção dessa estratégia visa garantir a máxima aquisição e manutenção de água nas células e ocorre por meio da redução da superfície de transpiração (área foliar), aumento da velocidade de absorção e transporte de água, alongamento radicular e redistribuição hidráulica (CHAVES et al., 2002). Por fim, a estratégia de tolerância também ocorre mediante ajustes metabólicos e estruturais, visando, porém, manter a variação do potencial hídrico da planta aos níveis do potencial hídrico do ambiente, o que ajuda a evitar danos às células. Os ajustes envolvidos geralmente ocorrem por meio da destruição de cloroplastos e aumento de pigmentos protetores, dentre outros (LEVITT, 1980 ab; BRAY, 2001; MARTINS e BATALHA, 2011).

Nas estratégias de evitação e de tolerância, as alterações fisiológicas e morfológicas são associadas à plasticidade fenotípica e representam mudanças não permanentes que podem ser revertidas, caso as condições ambientais retornarem à normalidade (TAIZ e ZAIGER, 2013). A capacidade de resposta para suportar as novas condições ambientais impostas, independente de modificações genéticas é conhecida como aclimação (MITTLER, 2006).

Principais alterações fisiológicas em resposta ao déficit hídrico

A manutenção do turgor nas células é fundamental para permitir a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão, divisão celular e a fotossíntese. Para isso, as plantas devem manter o movimento da água do solo para a folha, o que é possível, em primeira instância, à pronta resposta estomática às alterações ambientais (RAVEN, 2002).

Os estômatos são pequenos poros ajustáveis presentes nos tecidos dos vegetais que permitem trocas gasosas do interior da planta com a atmosfera. Basicamente, atuam como válvulas hidráulicas que se abrem permitindo a absorção do CO₂ e se fecham para evitar a perda de água excessiva de água por transpiração (ROELFSEMA e HEDRICH, 2005). A evolução dos estômatos e da cutícula impermeabilizante da folha foram eventos vitais à evolução das plantas terrestres, por permitirem a sobrevivência das mesmas aos ambientes secos, garantindo equilíbrio entre a captação de CO₂ e a perda de água (HETHERINGTON e WOODHARD, 2003; PETERSON et al., 2010).

O movimento estomático ocorre a partir das células-guarda – principais componentes do complexo estomático, que operam alterando a pressão de turgescência para promover a abertura e o fechamento do poro estomático. Sendo o movimento da água dirigido por osmose, as células-guarda precisam acumular grande quantidade de solutos (em maior parte sais de K⁺ e produtos da biossíntese de moléculas orgânicas) para aumentar o potencial osmótico e forçar a abertura do poro estomático. O movimento da água para dentro da célula-guarda eleva a pressão de turgescência e resulta na abertura do poro estomático, enquanto, a saída da água reduz a pressão de turgescência e leva ao fechamento estomático (ROELFSEMA e HEDRICH, 2005).

O mecanismo de controle estomático é determinado pela pronta resposta das células-guardas multissensoriais às alterações ambientais (HETHERINGTON e WOODHARD, 2003). Enquanto a luz estimula a abertura estomática (ROELFSEMA e HEDRICH, 2005), o déficit hídrico induz o fechamento, ativamente, mediante sinalização das raízes (CHAVES et al., 2009; MA et al. 2015) e passivamente, em função da redução da umidade relativa do ar que afeta a turgescência das células-guardas (CASSON e HETHERINGTON 2010; ANJUM et al. 2011). Sinais ambientais, como intensidade e qualidade da luz, umidade do ar, concentração de CO₂, *status* hídrico foliar e hormônios endógenos são captados pelas multissensoriais células-guarda, provocando o movimento

estomático (HETHERINGTON e WOODHARD, 2003). A luz estimula a abertura estomática através de duas vias, uma dependente da luz azul e outra da radiação fotossinteticamente ativa (ROELFSEMA et al., 2002). Já o estresse hídrico atua de forma antagônica, induzindo o fechamento estomático de forma ativa em resposta à liberação de ácido abscísico (ABA) e outros mensageiros pelas raízes e de forma passiva em resposta à redução da umidade relativa do ar, que afeta a turgescência das células guardas (MOTT et al., 1997).

Com relação à morfologia dos estômatos, Aasamaa et al. (2001) identificaram relação negativa entre o comprimento do poro do estômato e a velocidade de resposta do movimento estomático. Os autores observaram que plantas tolerantes a altos níveis de sombreamento geralmente possuem estômatos grandes e em baixa densidade na folha, que se mantêm constantemente abertos em situações de forte sombreamento para aproveitarem os curtos períodos luz solar que as atinge. Por outro lado, notou lento comportamento dinâmico associado a essa característica, que poderia gerar problemas em condições de seca. Pequenos estômatos, por sua vez, que geralmente ocorrem em altas densidades na folha, poderiam abrir e fechar mais rapidamente, conferindo melhor ajuste estomático e maximizando a difusão de CO₂ durante condições favoráveis para a fotossíntese.

O fechamento estomático tem sido assumido como a principal causa da redução da taxa fotossintética induzida pelo déficit hídrico, por levar à redução na disponibilidade do CO₂ no mesófilo. Desse modo, a condutância estomática também tem sido amplamente adotada como indicador de estresse hídrico, mostrando alta correlação com outros parâmetros da atividade fotossintética (FLEXAS, 1998; ESCALONA, 1999).

A absorção da radiação solar pelos cloroplastos é a condição prévia para o processo fotossintético. Nos cloroplastos localizados nas membranas dos tilacóides encontram-se os pigmentos fotossintéticos (clorofila a, clorofila b e carotenóides) constituintes dos complexos antena dos centros de reação PSI e PSII, responsáveis pela absorção da energia luminosa. A absorção dessa energia, na forma de fótons, altera a configuração eletrônica dos pigmentos através da excitação de elétrons (e^-), passando para um estado de energia mais alto, instável e de vida muito curta ($\approx 10^{-8}$ s). A energia da luz absorvida pelas clorofilas associados ao PSII então deve ser dissipada. A primeira via para tal é a dissipação fotoquímica ou *quenching fotoquímico* (qP). Um elétron é transferido do centro de reação da clorofila P680 para os aceptores do PSII (Q_A , Q_B , ou *pool* de

plastoquinonas), seguindo numa série de reações de oxi-redução para sintetizar moléculas orgânicas (GUO e TAN, 1999). De modo alternativo, a energia da luz pode ser dissipada do PSII por meio da *fluorescência da clorofila* ou por meio da dissipação não-fotoquímica ou *quenching não-fotoquímico (NPQ)* na forma de calor (BAKER, 2008). Essa dissipação ocorre de modo competitivo, de modo que alterações na eficiência de dissipação em um dos processos alterarão a eficiência dos demais (BUTLER, 1978). Assim, a redução da dissipação fotoquímica pode indicar o comprometimento do aparato fotossintético (KRAUSE e WEIS, 1991).

Avaliações da fluorescência da clorofila *a* com o uso de fluorômetros têm sido amplamente empregadas para monitorar o desempenho fotossintético e indicar possíveis estresses nas plantas (BAKER, 2008). Fluorômetros modulados emitem a luz em forma de pulsos em intensidade crescente, e permitem monitorar o rendimento quântico da fluorescência de modo contínuo, gerando uma série de parâmetros que podem ser usados no estudo da fotoquímica do PSII (BAKER, 2008).

Quando a folha é mantida no escuro, Q_A é oxidada e os centros de reação do PSII mantêm-se abertos; as enzimas do Ciclo de Calvin tornam-se desativadas e os metabólitos produzidos alcançam níveis adequados para que a fixação do CO_2 ocorra em taxas ótimas. Assim, com a emissão de luz sobre o tecido aclimatado no escuro ocorre a indução fotossintética (CAMPOSTRINI, 1997). A emissão de luz modulada em baixa intensidade ($<1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) resulta num nível mínimo de fluorescência, F_0 . Em seguida, um pulso de vermelho-distante de baixa densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFF), que preferencialmente excita o PSI, promove a remoção de elétrons de Q_A . Se a folha for exposta a um pulso de curta duração e de alta densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (DFFF), Q_A será reduzida ao máximo, e um nível máximo de fluorescência será observado, F_m . Neste momento, centros de reação do PSII mantêm-se fechados. A diferença entre F_m e F_0 é definida como fluorescência variável, F_v (BAKER, 2008).

A razão entre F_v/F_m expressa o rendimento quântico máximo da fotoquímica de PSII, sendo o estado redox de Q_A o único determinante do rendimento da fluorescência. É o parâmetro mais utilizado nas pesquisas sobre a fotossíntese, estando diretamente relacionado ao rendimento quântico de assimilação de CO_2 pelas folhas (SCHANSKER, 2014). Em plantas com o aparato fotossintético não danificado os valores de F_v/F_m giram em torno de 0,83, decaindo desde a alvorada até o fim da tarde

(BJORKMAN e DEMMIG, 1987). Já o declínio dos valores de F_v/F_m é ótimo indicador do processo de fotoinibição, mediante danificação do aparato fotossintético (BAKER, 2008; SCHANSKER, 2014).

Somada a elevadas temperaturas e reduzida umidade relativa do ar, a exposição a altos níveis de radiação solar pode representar mais um desafio à sobrevivência e estabelecimento das plantas, especialmente das espécies tolerantes à sombra (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006; COSTA et al., 2015). A absorção demasiada de luz reduz a capacidade do sistema fotossintético utilizar a radiação incidente resultando em fotoinibição (WU e BAO, 2011). Segundo Maxwell e Johnson (2000), valores de eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) inferiores a 0,75 indicam fotoinibição, e portanto, menor rendimento quântico de assimilação de CO_2 (BAKER, 2008; SCHANSKER, 2014). Nesse processo, o centro de reação PSII é inativado e frequentemente danificado de forma dinâmica ou crônica. Quando há exposição prolongada a níveis muito altos de luz e o dano ao sistema fotossintético resulta no declínio constante do F_v/F_m por longos períodos há a fotoinibição crônica. Por outro lado, a fotoinibição dinâmica é observada nos estádios iniciais da exposição aos estresses e à luz em excesso, sendo caracterizada pela reversão diária do declínio de F_v/F_m (WERNER et al., 2002). A fotoinibição é determinada, portanto, pelo balanço entre a taxa de dano causado e a taxa de reparo do PSII (TAKAHASHI e MURATA, 2008).

O rápido e eficiente reparo do PSII após o dano é necessário para retomada da fotossíntese. No entanto, estresses abióticos podem resultar na inibição do reparo do PSII, por meio da supressão da síntese de proteínas constituintes do fotossistema, em especial a proteína D1 (TAKAHASHI e MURATA, 2008). Isso ocorre devido à produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que provocam estresse oxidativo, danificando proteínas, lipídeos, RNA e DNA (MURATA, et al., 2007).

Para evitar danos aos centros de reação do PSII, as folhas precisam dissipar o excedente de energia luminosa absorvida, especialmente em condições ambientais desfavoráveis. O *quenching não fotoquímico* (NPQ) da energia de excitação é um dos principais processos de regulação da distribuição da energia de excitação para os centros de reação, onde o excesso de luz é eliminado via conversão em calor (BAKER, 2008; RUBAN et al., 2012).

Outro importante parâmetro que avaliar a resposta da fotossíntese é o rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Phi PSII$). Este parâmetro estima a eficiência com que a luz absorvida pelo PSII é usada para redução da Q_A . Em dada DFFF, $\Phi PSII$ fornece estimativa do rendimento quântico de fluxo de elétrons linear que atravessa PSII, que representa a quantidade molar de CO_2 fixado por mol de fóton absorvido (BAKER, 2008). Os valores de $\Phi PSII$ são determinados em baixas irradiância, geralmente entre 10 e 60 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$, pois que em altas irradiâncias os valores decaem por conta de perdas de energia na forma de calor (LOBO et al., 2013).

Principais alterações morfológicas em resposta ao déficit hídrico

A expansão foliar e alongamento de raiz são os aspectos inicialmente afetados pelo déficit hídrico. Quando o déficit hídrico tem andamento suficientemente lento para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, diversas respostas são observadas (TAIZ e ZAIGER, 2013).

Estudos demonstram que o déficit hídrico pode afetar o crescimento dos órgãos vegetais de maneiras distintas, resultando em alterações nas características morfológicas. De modo geral, observa-se o decréscimo na biomassa total e o aumento na razão sistema radicular e parte aérea, visando reduzir perdas de água por transpiração (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002). Na maioria dos casos, o crescimento radicular parece ser menos afetado pelo déficit hídrico do que o crescimento da parte aérea (TURNER, 1997). As raízes apresentam mecanismos como a acumulação de solutos e ácido abscísico que permitem a manutenção do turgor celular e crescimento (SHARP e LENOBLE, 2002), alterações na arquitetura radicular pela emissão de ramificações lateral e hidrotropismo (ROBBINS II e DINNENY, 2015). Na parte aérea, os efeitos do déficit hídrico geralmente levam a reduções da biomassa (ANJUM et al., 2011). Esta estratégia permite a redução do consumo de carbono e energia, de modo que maior proporção de fotossimilados da planta pode ser alocada ao sustento do crescimento radicular (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002).

A redução da área foliar nas plantas ocorre pela redução da divisão e expansão celular, alteração na morfologia foliar e iniciação da senescência e abscisão foliar. Essa redução resulta em menor transpiração e maior conservação do suprimento de água no solo ao longo do tempo, embora limite a produção fotossintética da planta (ANJUM et al., 2011; TAIZ e ZAIGER, 2013).

Importância do conhecimento ecofisiológico na restauração ecológica

Fatores abióticos e/ou bióticos do meio podem atuar como filtros ambientais, impondo restrições para que o ecossistema retorne a um estado menos degradado (HOBBS e NORTON, 2004). Segundo Whisenant (1999), dois tipos principais de limiares podem se impor à restauração de um ecossistema degradado: um associado às interações e alterações bióticas, outro associado às alterações e transformações abióticas do ecossistema. Se por um lado o filtro ambiental for resultado apenas de alterações bióticas, os esforços de restauração devem focar-se na manipulação dessas alterações, removendo-se o fator de degradação e ajustando-se a composição biótica da comunidade. Se por outro lado, o sistema se tornou degradado em função de alterações das características abióticas, os esforços de restauração devem focar-se na remoção do fator de degradação e no reparo das condições físicas e químicas do ambiente para posterior recuperação da biota (HOBBS e NORTON, 2004). A correta identificação e tomada de decisão ao manejo desses filtros é, portanto, fundamental para que se obtenha êxito nas iniciativas de restauração ecológica (HOBBS e NORTON, 2004).

A organização sequencial para tomada de decisão na restauração ecológica baseia-se na observação do funcionamento natural dos ecossistemas, o que se dá à luz da teoria da regra de montagem de ecossistemas. De forma geral, esta teoria é definida por princípios que limitam a forma pela qual uma comunidade biológica é montada e funciona, em resposta à interação dos organismos entre si e com o ambiente (TEMPERTON e HOBBS, 2004). Alguns autores conferem aos filtros bióticos e abióticos o processo de montagem das comunidades biológicas, através da seleção das espécies que irão compor a comunidade num determinado habitat a partir do *pool* regional de espécies (KEDDY, 1992; DÍAZ et al. 1998).

Os conceitos de regras de montagem e sucessão ecológica relacionam-se entre si, sendo os dois modelos conceituais de maior relevância para a Ecologia da Restauração. Basicamente, ambos possuem os seguintes pontos em comum: tentam explicar a composição da comunidade; sugerem que existe uma explicação histórica para esta composição; reconhecem que as comunidades se desenvolvem ao longo do tempo em direção a estados relativamente estáveis; assumem a importância das interações bióticas, especialmente da competição (YOUNG et al., 2001). Por outro lado, destaca-se uma diferença principal: a sucessão ecológica estuda a dinâmica do

desenvolvimento da comunidade biológica considerando uma substituição de espécies razoavelmente previsível ao longo do tempo, enquanto a teoria das regras de montagem concentra-se nas interações entre os organismos dentro da comunidade em construção e nos caminhos que comunidade pode seguir em resposta a essas interações (YOUNG et al., 2001).

No processo de montagem das comunidades biológicas, a forma e intensidade de atuação dos filtros ambientais variam ao longo do tempo e espaço, sendo consideradas como condicionantes naturais dos ecossistemas (WOODWARD e DIAMENT, 1991). Esse é o caso das florestas tropicais estacionais, onde a ocorrência de uma época seca anual pode se impor como fator limitante ao estabelecimento de diversas espécies que não possuem estratégias para superar essa barreira (VIEIRA e SCARIOT, 2006). Os filtros ambientais podem atuar, portanto, nas diferentes etapas da sucessão ecológica, resultando na seleção de espécies, ao imporem restrições aos indivíduos que tentam chegar, se estabelecer e sobreviver na comunidade (TONN et al., 1990; TEMPERTON e KIRR, 2004). Dessa forma, apenas as espécies que possuem características ecofisiológicas que atendem às características do habitat poderão resistir e se estabelecer na comunidade (TONN et al., 1990).

Ao longo do processo de sucessão florestal, as espécies exibem diferentes padrões de abundância, que refletem suas características funcionais e a capacidade de suplantar os filtros ambientais impostos, especialmente durante a crítica fase de plântula (KITAJIMA, 1996; STERCK et al., 2006). Nas florestas tropicais a distribuição espacial das clareiras modificam a luz e outros fatores físicos, que afetam diretamente o crescimento, sobrevivência e a distribuição das plântulas (DENSLOW, 1987). A observação de que as espécies arbóreas das florestas tropicais respondem de maneira semelhante às diferentes condições ambientais encontradas ao longo do processo sucessional ou à regeneração em clareiras permitiu a diversos pesquisadores a definição de grupos ecológicos sucessionais ou funcionais (MAGNAGO et al., 2013). Dentre as classificações em grupos sucessionais mais usuais destacam-se as de Budowski (1965), Martínez-Ramos (1985) e Gandolfi (1995). Nestas classificações, os principais parâmetros utilizados para determinação dos grupos são associados à tolerância à sombra e as características do ciclo de vida, características relacionadas à fisiologia das espécies. O ponto em comum entre elas é a existência de dois extremos: um grupo de pioneiras, caracterizado geralmente por espécies colonizadoras de grandes clareiras e adaptadas a

crecerem a plena luz, e outro de espécies não-pioneiras, tolerantes ao sombreamento do dossel (MAGNAGO et al., 2013). De fato, o agrupamento de espécies visa simplificar o entendimento da sucessão, dinâmica e os processos associados à resiliência da comunidade.

A aplicação dos princípios da sucessão e do agrupamento de espécies possibilita a melhoria da qualidade e eficiência dos projetos de restauração ecológica. O uso de grupos funcionais possibilita a manipulação das interações entre os organismos na comunidade em reconstrução e dos filtros bióticos e abióticos. Para tanto, os plantios não precisam imitar a sequência natural esperada na sucessão ecológica. As espécies podem ser introduzidas antecipadamente, numa sequência em que as condições sejam manipuladas para possibilitar seu próprio estabelecimento, bem como o estabelecimento da comunidade (DEL MORAL et al, 2007).

O conhecimento do comportamento ecofisiológico das espécies é de fundamental importância para subsidiar o entendimento dos processos de sucessão ecológica e o agrupamento de espécies em grupos funcionais, de modo que o desempenho e a persistência das mesmas no habitat possam ocorrer conforme o planejado.

Parâmetros fisiológicos como trocas gasosas e respostas ao estresse podem ser usados para compreender o funcionamento do ecossistema e dos fatores que afetam sua estrutura. Esse conhecimento pode auxiliar o desenvolvimento e implementação de estratégias de restauração eficazes, que reconhecem o papel da qualidade do habitat no desempenho dos indivíduos. Do ponto de vista prático, a aplicação do conhecimento fisiológico pode contribuir com a redução da recorrência de estresses sobre plantas em projetos, ampliando as chances de sobrevivência e estabelecimento inicial em campo. Além disso, ferramentas fisiológicas podem ser usadas para monitorar o sucesso do projeto de restauração em todas as etapas do processo, gerando-se respostas geralmente rápidas, que permitem a adoção de uma abordagem adaptativa à restauração (COOKE e SUSKIE, 2008).

Capítulo 1. RESPOSTAS AO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE *Euterpe edulis* Martius EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

INTRODUÇÃO

A palmeira-juçara, *Euterpe edulis* Martius, é a principal espécie representante do gênero na Floresta Atlântica brasileira. Em meados do século vinte tornou-se espécie de interesse comercial e em decorrência de sua sobre-exploração chegou a ser quase extinta em habitat natural (REIS et al., 2000). Suas populações originalmente ocorriam em elevada densidade e frequência na formação ombrófila densa e nas formações estacionais limitadas aos ambientes ciliares (REIS et al., 2000), o que denota ocorrência preferencial da espécie em habitats úmidos (MATOS et al., 1999).

A distribuição global da família Arecaceae praticamente coincide com a ocorrência dos climas tropical e subtropical, concentrando-se em regiões com condições constantes e elevadas de temperatura e umidade ao longo do ano (SALM et al., 2007; EISERHARDT et al., 2011). Aspectos fisiológicos e morfológicos estão associados à limitação na distribuição geográfica, em geral, devido à relativa ausência de mecanismos de tolerância e evitação à seca (HENDERSON et al., 1995; TOMLINSON, 2006). Entretanto, mesmo plantas típicas de habitats úmidos podem ser submetidas a déficits hídricos severos, especialmente em anos de seca atípica (COMITA et al., 2009). Dessa

maneira, a capacidade de tolerar o estresse hídrico é importante à manutenção da família Arecaceae nos ecossistemas.

A umidade do solo tem sido considerada fator fundamental ao estabelecimento, desenvolvimento e crescimento inicial de *Euterpe edulis* (BOVI et al., 1987). Estudos indicam que o déficit hídrico do solo é o principal fator limitante ao estabelecimento inicial da espécie em áreas em processo de restauração com ocorrência de época seca (OLIVEIRA et al., em preparação). Associado ao déficit hídrico pronunciado, condições desfavoráveis de luminosidade podem resultar em altas taxas de mortalidade (NAKAZONO et al., 2001). Por outro lado, a espécie responde de forma distinta à disponibilidade de água no solo em função do estágio de desenvolvimento. Enquanto plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento necessitam ambientes saturados de umidade ao estabelecimento inicial (BOVI et al., 1987), plantas nos estádios mais avançados apresentam maior crescimento em sítios com menor umidade do solo (NOGUEIRA Jr. et al., 2008).

Estudos indicam que a mortalidade de *Euterpe edulis* em florestas naturais é muito alta na fase de plântula, mas decresce bastante em plantas com mais de 50 cm de altura (CONTE et al., 2003; FANTINI e GURIES, 2007), o que é compatível com estrutura populacional da espécie, que tende ao “J” invertido (CONTE et al., 2003). Ao estudar a dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis*, Conte et al. (2000) registraram expressiva mortalidade para plantas com até 10 cm, reduzida mortalidade para plantas entre 11 e 50 cm e mortalidade quase nula para plantas maiores que 50 cm. Diversos fatores foram atribuídos ao lento crescimento inicial e à elevada taxa de mortalidade, como a herbivoria, queda de folhas do dossel, doenças, competição intra e interespecífica e fatores abióticos como luminosidade, fertilidade do solo, precipitação e temperatura, aliado à fragilidade dessas plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento. Já o sucesso na sobrevivência de plantas maiores que 50 cm foi atribuído à maior plasticidade fenotípica das plantas, resultando maior capacidade de competição na floresta (CONTE et al. 2000). Entretanto, não há estudos ecofisiológicos que comprovem essa característica.

Torna-se importante recuperar o status de conservação da espécie, ameaçada de extinção (MELITO et al., 2014) e obter sucesso no seu cultivo, especialmente em áreas fora do seu habitat natural. No presente estudo, testamos a hipótese de que mudas

de *Euterpe edulis* pertencentes a diferentes estádios de desenvolvimento respondem de maneira distinta ao déficit hídrico do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

Desenvolvemos o estudo em casa de vegetação, no viveiro de mudas da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil (22°51'S, 48°25'O), situado a 786 m de altitude, no período de agosto a novembro de 2013.

Condições ambientais

O clima de Botucatu, segundo Köppen, é do tipo Cfa: clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A temperatura média anual é de 20,3 °C e a precipitação média anual é de 1.428,4 mm. A ocorrência de deficiências hídricas concentra-se nos meses de abril, julho e agosto e a evapotranspiração potencial anual é de 945,15 mm, concentrada em 33% no verão (CUNHA e MARTINS, 2009).

O experimento ocorreu em sistema semicontrolado, em casa de vegetação com cobertura plástica, sem controle local do déficit de pressão de vapor, temperatura do ar, radiação solar e vento, evitando-se apenas a chuva. As condições ambientais da casa de vegetação foram caracterizadas em todos os dias de avaliação das plantas, entre as 9 e 11 h. Os valores médios de déficit de pressão de vapor e densidade de

fluxo de fótons fotossinteticamente ativos durante o período de estudo foram $0,33 \pm 0,02$ e $1228 \pm 238 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

Material biológico

Utilizamos plantas de *Euterpe edulis* pertencentes a dois estádios de desenvolvimento, as quais apresentavam as seguintes características no início do experimento: Classe A – $16 \pm 1,3$ cm de altura, $1,4 \pm 0,2$ cm de diâmetro à altura do colo, $4 \pm 0,5$ folhas expandidas, área foliar de $228 \pm 90,5 \text{ cm}^2$ e 2 anos de idade; Classe B – $49 \pm 3,3$ cm de altura, $4,6 \pm 0,5$ cm de diâmetro à altura do colo, $5 \pm 0,7$ folhas expandidas, área foliar de $2643 \pm 708 \text{ cm}^2$ e 4 anos de idade.

As plantas da classe A foram produzidas em viveiro a partir de sementes coletadas no mês de agosto de 2011, em Botucatu. As plantas da classe B foram produzidas em tubetes e transplantadas para embalagens plásticas de 7 dm^3 , com substrato composto de solo, esterco bubalino e composto orgânico (2:1:1), a partir de sementes obtidas no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, coletadas na reserva florestal Carlos Botelho, SP, no segundo semestre de 2009.

Transplantamos as mudas para recipientes plásticos de 50 dm^3 , contendo como substrato solo argiloso de textura média, coletado na camada arável de um Latossolo vermelho-escuro (EMBRAPA SOLOS, 2013).

Condução do experimento

Submetemos 48 plantas à aclimação em casa de vegetação por quarenta dias, com irrigação em torno da capacidade de campo (CC). Adotamos a tensão de água no solo de 0,03 MPa como medida da CC, correspondendo ao teor de 25,03% de água retida (dm^3/dm^3). A determinação do conteúdo de água necessário à manutenção da CC foi aferida diariamente por meio de tensiômetros digitais e da correspondência dos valores de tensão observados com os valores de água retida, estimados pela equação da curva de retenção de água ajustada para o solo (Eq. 1)

$$y = -0.0334x^3 + 0.0567x^2 - 0.2553x + 0.5019 \quad R^2=0.9805$$

Equação (1)

Sendo,

x = umidade do solo observada (KPa)

y = valor correspondente ao potencial hídrico (MPa).

A partir do início do experimento, mantivemos um grupo de 24 plantas (12 classe A e 12 classe B) em irrigação à CC, enquanto outro grupo, equivalente em número de plantas, foi submetido a diferentes regimes de disponibilidade hídrica:

Déficit hídrico 1 (DF1) – submissão ao déficit hídrico por 31 dias, imposto pela suspensão da irrigação, com 4 plantas avaliadas por tratamento, ao 3°, 8°, 10°, 14°, 17°, 22°, 28° e 31° dia a partir do início do regime (DAIR);

Reidratação (R) – manutenção de água (CC) por 25 dias às plantas que ficaram sob déficit hídrico por 31 dias, com 3 plantas por avaliadas por tratamento, ao 6°, 14°, 18° e 25° DAIR;

Déficit hídrico 2 (DF2) – nova submissão ao déficit hídrico, com 3 plantas avaliadas por tratamento, ao 10° dia DAIR.

As avaliações foram realizadas sempre em dias claros e sem nuvens e com intervalo mínimo de um dia entre avaliação. A duração dos regimes DF1 e DF2 foi determinada pela morte de quatro plantas do mesmo tratamento, independente da classe. A duração do regime de reidratação foi determinada pela recuperação dos valores de condutância estomática ao vapor d'água aos níveis dos controles.

Avaliações ecofisiológicas

Avaliamos a condutância estomática ao vapor d'água (g_s) em um folíolo da região intermediária da folha mais nova e completamente expandida, com porômetro em estado de equilíbrio dinâmico (Leaf Porometer Modelo SC-1; DECAGON DEVICES, EUA), entre as 9 e 11 h. Paralelamente, obtivemos o déficit de pressão de vapor (DPV) a partir dos dados de temperatura e umidade do ar atmosférico coletados pelo porômetro, por meio da fórmula de Jones (1992) (Eq. 2):

$$DPV = 0,61137e^{tx} \left(1 - \frac{UR}{100}\right) \text{ (Equação 2),}$$

Sendo,

$$t = (17.502xT_{ar}) / (240,97 + T_{ar}), \text{ onde } T_{ar} \text{ é a temperatura do ar.}$$

Avaliações morfológicas

Avaliamos a relação entre a massa seca da raiz e da parte aérea (raiz/parte aérea) por meio da análise destrutiva e mensuração da massa seca de 4 plantas por tratamento, ao final dos regimes DF1 e DF2. Todas as plantas tiveram o número de folhas totalmente expandidas registrados por meio da contagem, ao início e fim do regime DF1.

Análise dos dados

Para análise da variável resposta g_s , utilizamos delineamento experimental inteiramente casualizado com estrutura fatorial, tendo como fatores o tempo (dias) e regime de disponibilidade hídrica. Para análise da variável resposta raiz/parte aérea utilizamos delineamento experimental inteiramente casualizado, tendo como fator os tratamentos, segundo regime de disponibilidade hídrica. Em ambos os casos foram ajustados modelos lineares generalizados com resposta gama e função de ligação logarítmica (NELDER e WEDDERBURN 1972; DIGGLE et al., 2002). Para análise da variável resposta, utilizamos delineamento experimental inteiramente casualizado, tendo como fator o regime de disponibilidade hídrica segundo os tratamentos. Foram ajustados modelos lineares generalizados com resposta Poisson e função de ligação logarítmica, considerando medidas repetidas (pareadas – início e fim) (NELDER e WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002). Para todos os modelos, a qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (*deviance*). Para comparações entre tratamentos, dentro de cada fator utilizamos o teste *LSMeans* do procedimento *genmod* do programa SAS (release 9.2, 2012), através de intervalos obtidos a 95% de confiança.

RESULTADOS

Nas plantas submetidas ao regime de déficit hídrico 1 (DF1), a primeira redução significativa nos valores da g_s com relação aos controles ocorreu ao 14º DAIR para as plantas da classe B (67%) e ao 17º DAIR para as plantas da classe A (99,9%). A partir do 17º DAIR, ambas as classes apresentaram valores de g_s em torno de zero, o que seguiu até o fim desse regime (Figura 1).

A recuperação dos valores de g_s ao nível do controle ocorreu antes para a classe B (14º DAIR) e somente ao 25º DAIR para a classe A.

Na sucessiva submissão ao déficit hídrico, promovida pelo regime DF2, a classe A apresentou valores de g_s 80% inferiores ao controle, enquanto classe B apresentou valores de g_s 100% superiores ao controle.

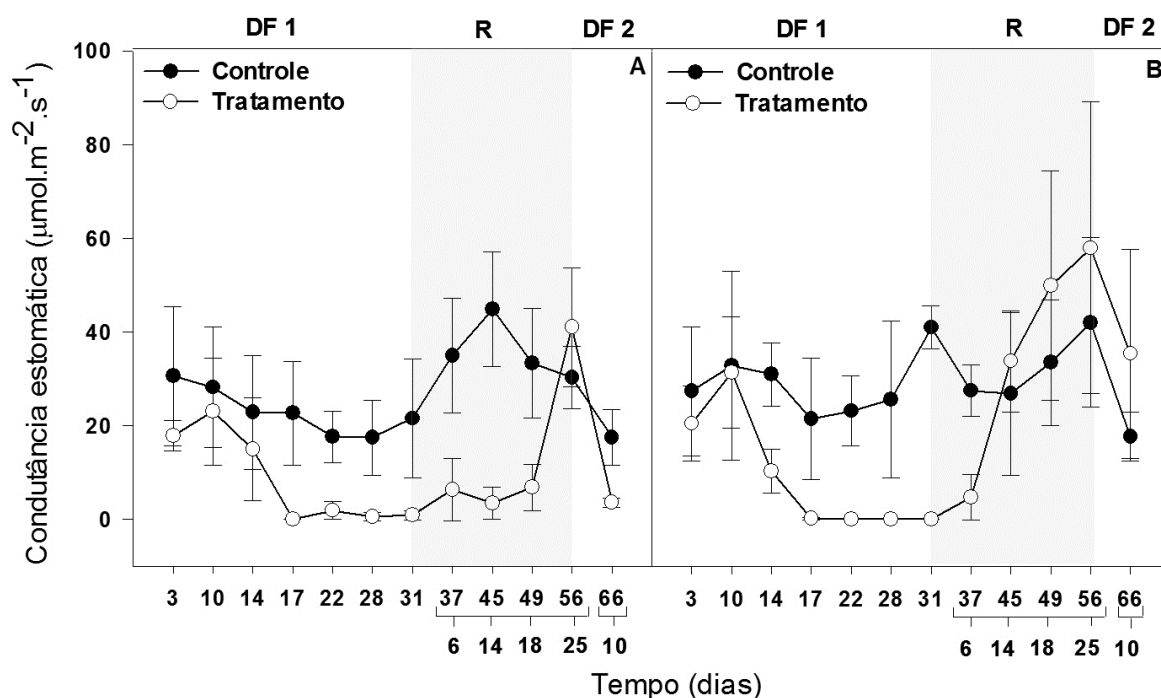


Figura 1. Condutância estomática (g_s) em plantas de *Euterpe edulis* das classes A e B, segundo o regime de disponibilidade hídrica. Valores são médias $\pm$ intervalos de confiança (DF1 $n = 4$; R e DF2 $n = 3$) e as comparações foram realizadas por meio do teste *LSMeans* ($p < 0,05$).

Ao final do regime DF1, o ajuste da relação raiz/parte aérea para valores próximos de 1 foi detectado somente para a classe B (Tabela 1).

Ao final do regime DF2 não houve diferenças significativas quanto à relação raiz/parte aérea entre as classes e os respectivos controles. Entretanto, a classe B apresentou valores estatisticamente superiores à classe A.

Tabela 1. Relação massa seca da raiz e da parte aérea (raiz/parte aérea) em plantas de *Euterpe edulis* das classes A e B, segundo o regime de déficit hídrico.

Classe	Tratamentos	DF1	DF2
		raiz/parte aérea	raiz/parte aérea
A	controle	$0,36 \pm 0,08^b$	$0,56 \pm 0,12^{ab}$
	déficit hídrico	$0,21 \pm 0,05^c$	$0,51 \pm 0,17^b$
B	controle	$0,63 \pm 0,09^a$	$0,95 \pm 0,41^a$
	déficit hídrico	$0,53 \pm 0,14^a$	$0,91 \pm 0,32^a$

Valores são médias $\pm$ desvios padrões ($n = 4$) e as comparações foram realizadas por meio do teste *LSMeans* ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais nas linhas indicam que não há diferença estatística para os tratamentos.

Ao final do regime DF1, a classe A reduziu o número de folhas de $4,0 \pm 0,9$ para $1,0 \pm 0,9$, a classe B reduziu o número de folhas de $5 \pm 0,5$ para $2,0 \pm 0,6$ e os controles mantiveram o número de folhas estável (Classe A - $4 \pm 0,4$; Classe B - $5 \pm 0,6$).

DISCUSSÃO

O controle estomático está ligado à evitação da perda de água excessiva por transpiração. Dessa forma, o fechamento parcial dos estômatos pode indicar a existência de mecanismos de adaptação para restringir a perda de água (CHAKHCHAR, 2015; FIGUEIREDO et al., 2015). Em resposta ao déficit hídrico, a regulação estomática pode ocorrer passivamente, em função da redução da umidade relativa do ar que afeta a turgescência das células guardas (CASSON e HETHERINGTON, 2010; ANJUM et al., 2011) e de forma ativa, em função da síntese de ácido abscísico, pH, citocininas e outros fatores pelas raízes e da liberação para a parte aérea (SCHACHTMAN e GOODGER, 2008; MA et al., 2015). A partir da análise do nosso modelo experimental, sugerimos que o fechamento estomático tenha ocorrido primordialmente em resposta da sinalização hormonal, em especial pelo ácido abscísico (ABA), uma vez que os tratamentos controle mantiveram os valores de g_s constantes ao longo do experimento, em faixas consideradas normais para a espécie (SANTOS et al., 2013; LAVINSKY et al., 2014).

Com relação ao acionamento do controle estomático observado primeiramente na classe B em DF1, acreditamos que as diferenças morfológicas existentes entre as classes tenham desencadeado ajustes hormonais em momentos e intensidades diferentes. Isso, porque a classe B possui maior superfície foliar para perda de água, permitindo consumir a água disponível do substrato mais rapidamente do que a classe A.

Desse modo, a sinalização química, responsável pela detecção do teor de água disponível no substrato pelas raízes em caso de déficit hídrico teria ocorrido antes para a classe B (SCHACHTMAN e GOODGER, 2008; MA et al., 2015).

Comparada a outras espécies de palmeiras cultivadas em condições similares, o acionamento do mecanismo estomático se deu em *Euterpe edulis* mais precocemente. Em plantas de buriti (*Mauritia vinífera*) de 5 meses, o fechamento estomático em valores próximo a zero ocorreu em torno do 40º dia de déficit hídrico (CALBO e MORAES, 1997). Em plantas de 4 meses do congênero açaí (*Euterpe olecareae*) o fechamento estomático ocorreu somente ao 53º dia de déficit hídrico (CALBO e MORAES, 2000).

Em resposta ao déficit hídrico, as plantas priorizam o crescimento radicular em detrimento da parte aérea, para favorecer a absorção de água e reduzir a perda de água por transpiração (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002; DU et al., 2010; HOJATI et al., 2011). A redução do número de folhas contribuiu para o aumento da relação raiz/parte aérea mediante redução da massa seca da parte aérea nas duas classes.

A recuperação dos valores de g_s ao nível do controle ocorreu antes para a classe B em comparação à classe A. Este padrão de resposta pode ser atribuído às diferenças morfológicas existentes entre as classes. Isso porque o maior sistema radicular e aéreo da classe B implica maior contato com o volume de água disponível no recipiente e permite o bombeamento da água via transpiração, levando à rápida reidratação dos tecidos e à consequente abertura estomática. Nos estudos de Calbo e Moraes (1997 e 2000), as plantas de buriti recuperaram a g_s em 70% logo ao 5º dia após reidratação e as plantas de açaí em 90% ao 12º dia da reidratação, respectivamente.

Ambas as classes não foram capazes de recuperar os valores de g_s aos níveis do controle ao 6º DAIR de reidratação. Acreditamos que a lenta resposta estomática observada esteja relacionada à característica da espécie de tolerância à sombra. Isso porque plantas tolerantes a altos níveis de sombreamento geralmente possuem estômatos grandes e em baixa densidade na folha, o que resulta num lento comportamento dinâmico que pode ser prejudicial em condições de seca (AASAMAA et al., 2001, VALLADARES e NIINEMETS, 2008). Estudos também apontam para um fraco controle estomático em *Euterpe edulis* (SANTOS et al., 2013; GATTI et al., 2014).

Na nova submissão ao déficit hídrico, a classe B apresentou controle estomático superior à classe A e ao grupo controle mantido sob contínua irrigação. Esse fato salienta ainda mais as diferentes respostas ao déficit hídrico existentes entre as classes, e pode ser atribuída à relação raiz/parte aérea mais próxima de 1 apresentada pela classe B. Esse fato evidencia a possibilidade de se elevar a tolerância da espécie ao estresse hídrico mediante processo de rustificação, especialmente em plantas em estádios de desenvolvimento mais avançados, o que resultaria em plantas mais vigorosas e com maior probabilidade de sobrevivência e estabelecimento inicial após plantio (KOZLOWSKI e PALLARDY, 2002; IBRAHIM et al., 2010; YANG et al., 2015).

CONCLUSÕES

Plantas de *Euterpe edulis* pertencentes a diferentes estádios de desenvolvimento respondem de maneira distinta ao déficit hídrico. A este resultado atribuem-se diferenças morfológicas que afetam a eficiência de acionamento do mecanismo estomático.

Após histórico de seca e reidratação, plantas de *Euterpe edulis* pertencentes a estádios de desenvolvimento mais avançados apresentam maior capacidade de tolerância a um ciclo recorrente de déficit hídrico, com possibilidade de se elevar a tolerância da espécie ao estresse hídrico mediante processo de rustificação.

Capítulo 2. ENRIQUECIMENTO DE ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL COM *Euterpe edulis* Martius

INTRODUÇÃO

Fatores abióticos e/ou bióticos do meio podem atuar como filtros ambientais, impondo restrições à chegada, ao estabelecimento e a persistência de espécies em um ecossistema degradado (HOBBS e NORTON, 2004). A identificação e eliminação desses fatores são essenciais para que o ecossistema retome trajetória positiva rumo à recuperação da sua saúde e integridade ecológica (HOBBS e NORTON, 2004).

A adoção de plantios florestais tem sido reconhecida como uma das técnicas mais promissoras e difundidas para superar a degradação ambiental (LAMB et al., 2005). Isso se deve à atuação como facilitador do processo de regeneração natural que as florestas apresentam, por meio da melhoria das condições de luminosidade, solos e microclima (PARROTA, 1997).

Com o desenvolvimento de novas técnicas e maior inserção dos limites e oportunidades socioeconômicas no escopo da Ecologia da Restauração (TEMPERTON, 2007), a geração de bens e serviços ambientais associada à recuperação da capacidade produtiva das terras tem sido reconhecida como tendência para o futuro da

restauração em regiões tropicais (LAMB et al, 2005; BRANCALION et al., 2012; SHACKELFORD et al., 2013). Há uma ampla gama de modelos de plantios florestais, variando quanto ao número e arranjo de espécies. Entretanto, duas abordagens contrastantes têm sido discutidas e testadas (LAMB et al., 2005). A primeira emprega elevada diversidade de espécies de diferentes grupos funcionais e tem como meta atingir diversidade e estrutura similares às de um ecossistema de referência (RODRIGUES et al., 2009). É uma abordagem que implica em elevados custos de implantação e restrito potencial para geração de bens comercializáveis, sendo mais apropriada para restaurar paisagens severamente degradadas. A segunda adota menor diversidade no plantio, em maioria espécies pioneiras, para formação de um dossel e superação dos principais filtros ambientais nesta etapa inicial. Esta abordagem visa o reestabelecimento de processos internos (interações bióticas/abióticas) e externos (interações com a paisagem), com a possibilidade de aumento posterior de diversidade através de processos naturais e/ou manejo adaptativo. (LAMB et al., 2005).

Alguns sistemas de plantio de restauração destacam-se por conciliar objetivos ecológicos com a geração de benefícios socioeconômicos, como os plantios florestais mistos de espécies nativas, os sistemas agroflorestais e o enriquecimento florestal (ITTO, 2002; LAMB et al, 2005). Enquanto os dois primeiros visam iniciar a recomposição da vegetação, o terceiro é caracterizado pela introdução de espécimes vegetais em florestas já estabelecidas, para atribuir a estas áreas características ecológicas e/ou econômicas desejadas (ITTO, 2002; LAMB, 2014). Na seleção de espécies, algumas características potenciais são desejadas, como a produção de bens de alto valor agregado, floração e frutificação regulares, extensas amplitudes ecológicas e rápido crescimento (ITTO, 2002). Todavia, para que um plantio seja viável, deve-se garantir também que o habitat ofereça condições ambientais adequadas à espécie, uma vez que a maioria dos casos de insucesso reportados estão associados a falhas na provisão de tais condições (ITTO, 2002).

Em pesquisa prévia realizada com *Euterpe edulis*, espécie de grande potencial econômico e ecológico (BRANCALION et al, 2012; GALLETI et al, 2013; TREVISAN et al., 2015), identificamos o déficit hídrico no solo como o principal fator limitante ao estabelecimento inicial da espécie em áreas em processo de restauração com ocorrência de época seca (OLIVEIRA et al., em preparação). A umidade do solo é

fator fundamental ao estabelecimento, desenvolvimento e crescimento inicial de *Euterpe edulis* (BOVI et al., 1987a). Por outro lado, há indícios de que a espécie responda de forma distinta à disponibilidade de água no solo em função do estágio de desenvolvimento. Enquanto plântulas necessitam de um ambiente saturado de umidade para o seu estabelecimento (BOVI et al., 1987a e 1987b), plantas nos estádios mais avançados apresentam maior crescimento em sítios com menor umidade do solo (NOGUEIRA JR. et al., 2003).

A luz tem fundamental importância no ciclo de vida de *Euterpe edulis*, considerada tolerante à sombra (GATTI et al., 2011). Segundo Conte et al. (2000), a espécie necessita sombreamento durante sua fase inicial de desenvolvimento, embora o excesso de sombra possa limitar seu crescimento (NAKAZONO et al. 2001; ILEENSER e PAULILO, 2002) e sobrevivência (RIBEIRO et al., 2011; SANTOS, 2012). O aproveitamento de feixes de luz direta (“*sunflecks*”) tem sido apontado como uma estratégia da espécie para sobreviver no ambiente de luminosidade restrita (LAVINSKY et al., 2014). Por outro lado, a espécie pode se favorecer do aumento da irradiância gerada por clareiras (NAKAZONO et al., 2001; ILEENSER e PAULILO, 2002; GATTI et al., 2011).

Estudos indicam que a mortalidade de *Euterpe edulis* em florestas naturais é muito alta na fase de plântula, mas decresce bastante em plantas com mais de 50 cm de altura (CONTE et al., 2003; FANTINI e GURIES, 2007), o que é compatível com a estrutura populacional da espécie, que tende ao “J” invertido (CONTE et al., 2003). Ao estudar a dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis*, Conte et al. (2000) registraram expressiva mortalidade para plantas com até 10 cm, reduzida mortalidade para plantas entre 11 e 50 cm e mortalidade quase nula para plantas maiores que 50 cm. Diversos fatores foram atribuídos ao lento crescimento inicial e à elevada taxa de mortalidade, como a herbivoria, queda de folhas do dossel, doenças, competição intra e interespecífica e fatores abióticos como luminosidade, fertilidade do solo, precipitação e temperatura, aliados à fragilidade dessas plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento. Já o sucesso na sobrevivência de plantas maiores que 50 cm foi atribuído à maior plasticidade fenotípica das plantas, resultando em maior capacidade de competição na floresta (CONTE et al., 2000).

Este projeto segue em continuidade a uma série de pesquisas prévias que visam melhorar o sucesso na introdução de *Euterpe edulis* em áreas de Floresta Estacional Semidecidual em restauração. Pretende-se que com isso, a espécie possa ser amplamente cultivada em propriedades rurais, integrando-se assim a conservação da espécie e do ambiente que a sustenta e a geração alternativa de renda para o produtor rural.

OBJETIVOS

Este projeto visa investigar se há diferenças de sobrevivência, crescimento e desempenho ecofisiológico em plantas de palmito-juçara (*Euterpe edulis*) de diferentes estádios de desenvolvimento, implantadas em dois sistemas de restauração ecológica, contrastantes quanto à estrutura e diversidade.

As hipóteses de trabalho são:

- O estágio de desenvolvimento das mudas afeta o seu desempenho no campo, envolvendo respostas ecofisiológicas diferenciadas ao déficit hídrico do solo;
- O desempenho no campo é afetado pelo sistema de plantio (modelo de restauração);
- Solos contrastantes representam filtros ambientais distintos, variando de acordo com o modelo de restauração.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O experimento foi desenvolvido em duas unidades experimentais pertencentes à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus Botucatu (Figura 2):

Sítio Fazenda Experimental Lageado (22°49’S e 48°26’O), denominada “área 1”, situa-se a 733 m de altitude, sobre uma mancha de solo do tipo Nitossolo Vermelho, de boa fertilidade e textura argilosa, relevo ondulado, com tendência a compactação (Tabela 2). Era um pasto abandonado dominado por capim-napier (*Pennisetum purpureum* Schumach.). Encontra-se próxima à calha do Ribeirão Lavapés, em um vale relativamente isolado, circundado por campos agrícolas. Existem fragmentos degradados de mata ciliar entre a área experimental e o rio (NOGUEIRA JR., 2000).

Sítio Fazenda Experimental Edgardia (22°49’S e 48°25’O), denominada “área 2”, situa-se a 573 m de altitude, sobre uma mancha de Argissolo Vermelho-Amarelo, álico, textura areia franca, relevo suave ondulado a ondulado, de fertilidade mais baixa e maior acidez (Tabela 2). O uso anterior do solo era um pomar de citros abandonado, situado próximo (cerca de 100 m) de um remanescente de mata em bom estado de conservação, que sofreu extrações seletivas de madeira há aproximadamente 40 anos (NOGUEIRA JR., 2011).



Figura 2. Fotografia aérea (2014) indicando as áreas 1 (retângulo amarelo) e 2 (retângulo vermelho) e a mata referência (retângulo verde).

Tabela 2. Análise física e química dos solos das áreas 1 e 2, na profundidade de 0-40 cm, para o ano de 2013.

Análise química													
Área	pH	MO g.dm ⁻³	P _{res} mg.dm ⁻³	Hal	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	NT g kg ⁻¹	COT	C/N
1	5.4	41.1	15.6	35.4	6.8	87.4	21.5	115.7	151.1	74.9	2.1	23.7	11.0
2	4.6	12.9	8.2	24.4	1.4	18.6	5.5	25.4	49.9	49.7	0.5	5.1	9.7
Análise física													
Área	Ds	Dp	VTP	Areia	Argila	Silte							
	g.cm ⁻³	g.cm ⁻³	%	g.kg ⁻¹									
1	1.3	2.6	54.1	194.3	449.3	356.4							
2	1.5	2.6	46.1	893.0	84.3	18.6							

MO = matéria orgânica; P_{res} = fósforo; Hal = hidrogênio + alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; NT = nitrogênio total do solo; COT = carbono total do solo; C/N = relação carbono/nitrogênio; Ds = densidade do solo; Dp = densidade das partículas; Areia, Silte e Argila; VTP = volume total de poros (Dados cedidos por Machado, D.L.).

O clima do município de Botucatu, segundo Köppen, é do tipo Cfa: clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A temperatura média anual é de 20,3 °C e a precipitação média anual 1.429mm. A ocorrência de deficiências hídricas concentra-se nos meses de abril, julho e agosto e a evapotranspiração potencial anual é de 945 mm, concentrada em 33% no verão (CUNHA e MARTINS, 2009). A unidade fitogeográfica das áreas é a Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012).

Nas áreas 1 e 2 foi implantado, entre os anos de 1997 e 1998, um experimento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três blocos. Cada unidade experimental (parcela) tem uma área de 0,25 ha (50 x 50m), perfazendo ao todo 3,75 ha por sítio. Para execução de parte do presente estudo foram utilizados dois dos cinco tratamentos, de acordo com os seus objetivos propostos:

Sistema Agroflorestal – Plantio de linhas triplas de árvores intercaladas com faixas de 5 m onde foram plantadas culturas anuais até o fechamento do dossel (3 a 5 anos), formando um sistema agroflorestal “Taungya” modificado. Nas linhas triplas, o espaçamento entre plantas é de 1,5 m e entre linhas é de 2,0 m. Nestas, as duas linhas externas são formadas por 10 espécies leguminosas de uso múltiplo e/ou espécies de rápido crescimento para lenha. Na linha central foram plantadas 10 espécies de valor comercial para madeira, de crescimento mais lento.

Plantio de alta diversidade – Consiste no método convencional de restauração florestal por meio do plantio por mudas em alta diversidade, utilizando 41 espécies características de remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual da região. Estas árvores estão incluídas em diferentes grupos ecológico-silviculturais e foram plantadas objetivando alta diversidade taxonômica e funcional (ANEXO).

Os dados de estrutura e propriedades físico-químicas dos solos dos modelos de restauração SAF e PAD das áreas 1 e 2 seguem nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Área basal (m^2/ha) e densidade (ind. ha^{-1}) da comunidade arbórea (indivíduos plantados e regeneração natural com altura $>1,3$ m) dos modelos de restauração SAF e PAD das áreas 1 e 2, em 2013.

Modelo de restauração	Área	Área basal (m^2/ha)	Densidade (ind. ha^{-1})
SAF	1	15	693
	2	12	637
PAD	1	24	1241
	2	20	1089

Tabela 4. Propriedades físicas e químicas dos solos dos modelos de restauração SAF e PAD das áreas 1 e 2, na profundidade de 0-40 cm, no ano de 2013.

Análise Química														
Modelos de restauração	Área	pH	MO g. dm^{-3}	P _{res} mg. dm^{-3}	Hal	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	NT	COT g kg^{-1}	C/N
SAF	1	5.4	36.8	10.9	36.7	2.4	73.9	20.6	96.9	133.6	71.2	1.8	19.0	10.5
PAD	1	5.2	41.3	11.4	43.8	4.9	84.5	20.4	109.7	153.5	70.0	2.0	23.4	11.5
SAF	2	4.1	11.6	8.3	36.9	0.7	15.5	4.0	20.2	57.1	35.4	0.5	4.7	9.6
PAD	2	4.8	12.5	6.7	20.7	1.2	22.2	6.2	29.5	50.3	55.6	0.6	5.2	9.2
Análise Física														
Modelo de restauração	Área	Ds g. cm^{-3}	Dp	VTP %	Areia	Argila g. kg^{-1}	Silte							
SAF	1	1.3	2.7	51.1	204.6	502.8	292.6							
PAD	1	1.4	2.7	52.5	211.3	484.9	303.8							
SAF	2	1.5	2.6	45.3	885.6	91.5	22.9							
PAD	2	1.5	2.6	45.4	910.4	69.7	19.9							

MO = matéria orgânica; P_{res} = fósforo; Hal = hidrogênio + alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; NT = nitrogênio total do solo; COT = carbono total do solo; C/N = relação carbono/nitrogênio; Ds = densidade do solo; Dp = densidade das partículas; Areia, Silte e Argila; VTP = volume total de poros.

Material biológico

O plantio foi realizado com plantas de *Euterpe edulis* pertencentes a dois estádios de desenvolvimento distintos (Tabela 5).

Tabela 5. Características das plantas de *Euterpe edulis* para as classes A e B, ao início do experimento.

Características	Classe A	Classe B
H (cm)	16,6 ± 1,0	52,5 ± 8,8
DAC (cm)	1,35 ± 0,30	4,38 ± 6,90
Nfol (un.)	3 ± 1	4 ± 1
AF (cm ²)	265 ± 149	2651 ± 798
Idade (anos)	2,5	4,5

H = altura; DAC = diâmetro a altura do colo; Nfol = número de folhas novas e completamente expandidas; AF = área foliar da última folha nova e completamente expandida.

As plantas da classe A foram produzidas em viveiro a partir de sementes coletadas no mês de agosto e setembro de 2011, em duas propriedades rurais situadas no município de Botucatu, SP. As plantas da classe B foram produzidas em tubetes e transplantadas para embalagens plásticas de 7 litros, com substrato composto de solo, esterco bubalino, composto orgânico (2:1:1) e calcário. Essas mudas foram produzidas a partir de sementes obtidas no IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, colhidas na reserva florestal Carlos Botelho, SP, no segundo semestre de 2009.

Para execução do experimento, nas parcelas de 0,25 ha (50 x 50 m) do experimento original, foi desprezada uma bordadura de 10 m. Em cada parcela, foram alocadas 4 subparcelas de 100 m² (10 x 10 m), compondo 4 repetições de cada tratamento na parcela principal (Figura 3). Em cada subparcela, 8 mudas (4 classe A/ 4 classe B) foram alocadas de forma aleatória, em quincênio, com espaçamento de 12,5 m²/planta. Dessa forma, foram implantadas 48 subparcelas (12 /tratamento/área) e 384 mudas (192 classe A / 192 classe B). As mudas foram plantadas na segunda quinzena de novembro e avaliadas do início de dezembro de 2013 ao fim de novembro de 2014.

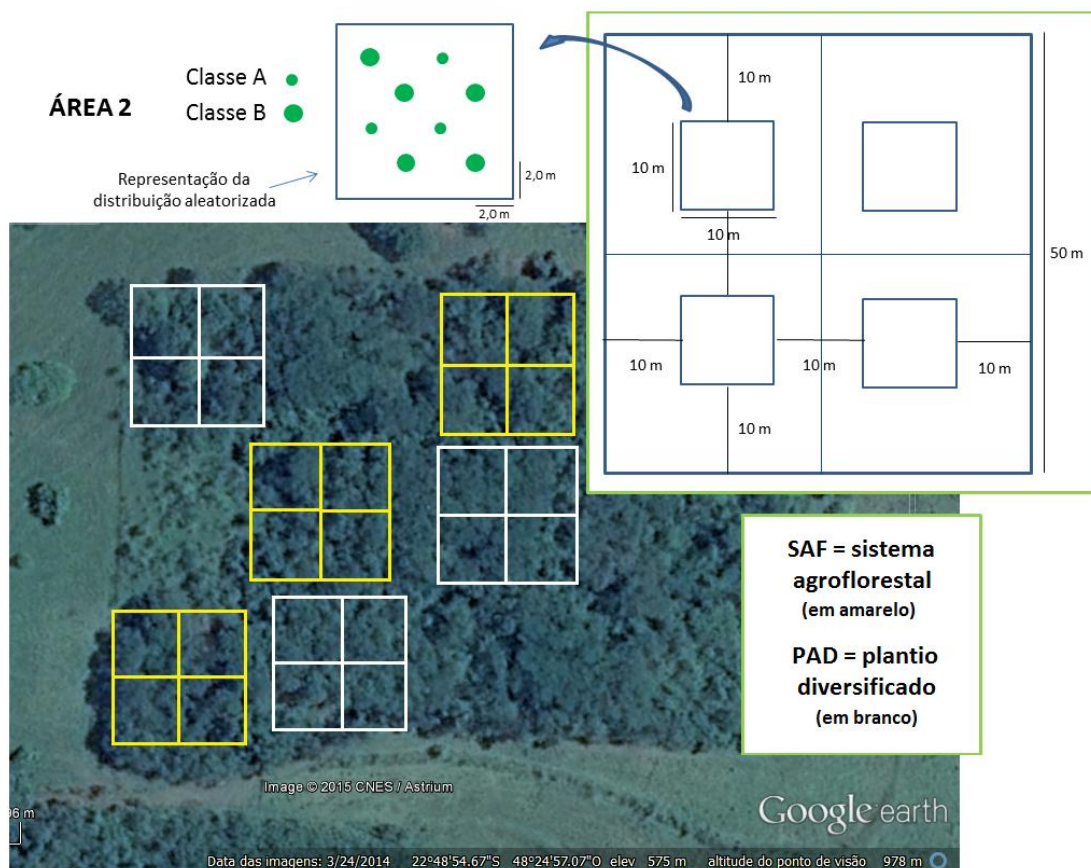


Figura 3. Arranjo das parcelas e unidades experimentais na área 2 Edgardia, sendo o mesmo arranjo para a área 1 Lageado.

Coleta de dados

Meio físico

Foram coletados os seguintes dados para caracterização do meio físico ao longo do período de estudo:

Mesoclima e balanço hídrico – Dados meteorológicos diários fornecidos pela Estação Meteorológica da Fazenda Lageado – FCA/UNESP permitiram o mapeamento da sazonalidade da precipitação e temperatura do ar na região, durante o período de estudo. A partir destes dados foram computadas médias mensais de temperatura. O balanço hídrico foi calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), assumindo-se a capacidade de água disponível no solo igual a 100 mm, segundo Cunha e Martins (1999) e evapotranspiração potencial (ETP) estimada pelo método de Thornthwaite (1948).

Precipitação interna – Pluviômetros com precisão de 1 mm foram utilizados para verificar as diferenças de precipitação interna em cada sistema de plantio e sua influência na disponibilidade de água de cada plantio ao longo do período experimental. Foi instalado

um pluviômetro por subparcela, e três no ambiente externo para avaliação da precipitação efetiva. As avaliações foram realizadas sempre ao término de um período chuvoso (dias).

Umidade do solo– Foram coletadas, mensalmente, amostras de solo em intervalos de 0-15 cm e 15-30 cm de profundidade, com uso de trado metálico. As coletas foram realizadas pelo menos cinco dias após um evento de precipitação. O teor de água foi determinado por meio do método gravimétrico e a umidade do solo expressa em valores percentuais.

Potencial matricial do solo (ψ_{ms}) – Em cada parcela/tratamento/área, foi coletada uma amostra indeformada de solo em anel volumétrico de 98 cm³ (5 cm de altura x 5 cm de diâmetro), nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, totalizando 24 amostras. Para cada área e profundidade foi determinada uma curva de retenção de água no solo, a partir dos valores médios de 6 amostras e 7 pontos nas tensões 0, 0.0006, 0.001, 0.003, 0.01, 0.05 e 1.5 MPa. Para cada amostra, foi ajustada uma equação referente à curva de retenção de água do solo, a partir do modelo de van Genuchten (1980), na qual os valores mensais de umidade do solo (%) observados foram relacionados, gerando-se valores mensais de ψ_{ms} para parcela/tratamento/área.

Temperatura máxima (Tmax) e umidade relativa do ar mínima (URmin) – Em cada subparcela, foi instalada uma estação de coleta de dados microclimáticos a 1 metro de altura do solo, para monitoramento da temperatura máxima e umidade relativa do ar mínima diárias, com uso de um termohigrômetro digital. As medições foram registradas mensalmente, durante três dias consecutivos, a partir das 15h00min.

Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) –Com uso do equipamento interceptômetro ACCUPAR model LP-80, foram coletados dados em 4 pontos no interior de cada subparcela e 2 pontos a céu aberto (um antes e um depois das medições no interior), para estimativa da RFA%. As medições foram efetuadas entre as 11:30 e 12:30h, trimestralmente.

Propriedades físicas e químicas do solo – Para a caracterização das propriedades físicas dos solos foram coletadas quatro amostras por parcela, as quais foram homogeneizadas e avaliadas quanto à densidade de partículas e volume total de poros (0-10 cm de profundidade). Para caracterização dos atributos químicos foram realizadas quatro amostragens nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, as quais foram

homogeneizadas e avaliadas para obtenção dos valores de: pH, MO, P_{res} , H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, NT, COT, C/N, Ds, Areia, Argila, Silte (0-40 cm de profundidade).

Avaliação da sobrevivência

A avaliação da sobrevivência foi realizada mensalmente, por meio da observação visual do estado de cada muda, sendo registrada a morte quando observada seca da folha flecha.

Parâmetros ecofisiológicos

As seguintes variáveis foram avaliadas mensalmente:

Condutância estomática ao vapor d'água (g_s) e Déficit pressão de vapor (DPV) – sorteio de seis plantas por classe para cada sistema de plantio, sendo avaliadas vinte e quatro plantas por dia para cada área. Em cada planta, um folíolo da região intermediária da última folha emitida e completamente expandida foi avaliado com uso do porômetro em estado de equilíbrio dinâmico (Leaf Prometer Modelo SC-1; DECAGON DEVICES, EUA). As avaliações foram realizadas entre as 09 e 11h. O DPV foi calculado segundo Jones (1992).

Conteúdo relativo de água (CRA) e Potencial hídrico foliar (ψ_{hf}) – sorteio de 4 plantas por classe para cada sistema de plantio, sendo avaliadas 16 plantas por dia para cada área. Foram realizadas duas avaliações por dia, antes do amanhecer – *predawn* (PD). Em cada planta, dois folíolos da região intermediária da última folha emitida e completamente expandida foram coletados em campo e armazenados em bolsa térmica para posterior avaliação. Em laboratório, utilizou-se o analisador de potencial de água com controlador de temperatura WP4-T (DECAGON DEVICES, EUA) para obtenção do Ψ_{wf} . Para obtenção do CRA foram coletados fragmentos de 6 cm² do folíolo e analisados segundo o método de Elsheery e Cao (2008), determinando-se o CRA% de acordo com Smart e Bingham (1974).

Fluorescência da clorofila *a* – Nas mesmas plantas e folhas avaliadas para g_s , um folíolo da região intermediária da folha mais nova e completamente expandida, coberto por papel alumínio e previamente adaptado ao escuro por aproximadamente trinta minutos, foi avaliado com uso do Fluorômetro PAM – Junior (Chlorophyll – Fluorometer WALZ/Alemanha), também entre as 09 e 11h. Posteriormente foi calculado o rendimento quântico máximo do Φ_{PSII} (F_v/F_m).

Desenvolvimento das mudas

O desempenho de todas as plantas foi monitorado trimestralmente quanto às seguintes variáveis:

Altura (H) – Medida desde o colo até a inserção da última folha apical com régua plástica.

Diâmetro a altura do colo (DAC) – Medida com paquímetro digital no colo das mudas.

Área Foliar (AF) – Avaliada de forma não destrutiva, medindo-se o comprimento e largura de 3 folíolos das regiões basal, intermediária e apical da última folha emitida e completamente expandida de cada planta, e contando-se o número de folíolos. Posteriormente os dados foram aplicados à equação ajustada para a espécie (Eq. 2, CARVALHO, 1995):

$$AF = (0,5012 \times (A \times B \times C) \exp 1,09), \text{ Equação (2)}$$

Sendo,

A = número de folíolos;

B = comprimento médio dos folíolos;

C = largura média dos folíolos

Número de folhas (Nfol) – Registro do número de folhas funcionais, marcação do surgimento de novas folhas (folha flecha).

Análise estatística dos dados

A sobrevivência das mudas foi modelada por meio de análise de sobrevivência com censura intervalar (COLOSIMO e GIOLO, 2006), estimando-se o tempo de vida mediano e o efeito dos tratamentos propostos. Aplicamos o teste *log-rank* de estatística não-paramétrica individualmente para os fatores: Área (1 e 2), Ambiente (SAF e PAD) e Classe (A e B). Por fim, a interpretação do modelo de Cox foi realizada a partir do cálculo da exponencial do parâmetro estimado.

Em todas as análises utilizamos delineamento experimental em blocos casualizados com estrutura fatorial e ajustamos modelos lineares generalizados com resposta gama e função de ligação logarítmica (Nelder e Wedderburn 1972; Diggle et al. 2002)

Para as variáveis resposta do meio físico (Tmax, URmin, umidade do solo e RFA), consideramos como fatores o tempo (mês, exceto RFA – trimestre), tratamento e área. Comparamos tratamentos (dentro dos níveis de área e trimestre) e áreas (dentro dos níveis de tratamento e trimestre).

Para análise das variáveis morfológicas (H, DAC, AF e Nfol), consideramos como fatores o tempo (trimestre), tratamento, classe e área. Comparamos tratamentos (dentro dos níveis de área e trimestre) e classes (dentro dos níveis de tratamento e área). Para a variável Nfol foi tomado o logaritmo neperiano somado à unidade para atender a necessidade de valores positivos não nulos do domínio da distribuição gama.

Para análise das variáveis ecofisiológicas (g_s , DPV, CRA, ψ_{hf} e F_v/F_m), consideramos como fatores o tempo (mês), tratamento, classe e área. Comparamos tratamentos (dentro dos níveis de classe, mês e área), meses (dentro dos níveis de classe, tratamento e área) e classes (dentro dos níveis mês, tratamento e área). Para a variável ψ_{hf} os dados foram transformados tomando-se o logaritmo neperiano somado à 7 (sendo o valor mais negativo situado no intervalo entre -6 e -7), para atender a necessidade de valores positivos do domínio da distribuição gama.

Para todos os modelos, a qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (*deviance*). Para comparações dentro de cada fator utilizamos o teste *LSMeans* do procedimento *genmod* do programa SAS (*release* 9.2, 2012), através de intervalos obtidos a 95% de confiança.

RESULTADOS

Meio físico

Mesoclima e balanço hídrico

O valor médio histórico do balanço hídrico (1971–2006) expressa a ocorrência normal de leve deficiência hídrica nos meses de julho e agosto, para o município de Botucatu (Figura 4). No período de estudo houve deficiência hídrica em todos os meses, não havendo, dessa maneira, excedente hídrico.

Os valores de temperatura média mensal superaram os valores médios históricos em todos os meses do período de estudo, exceto novembro.

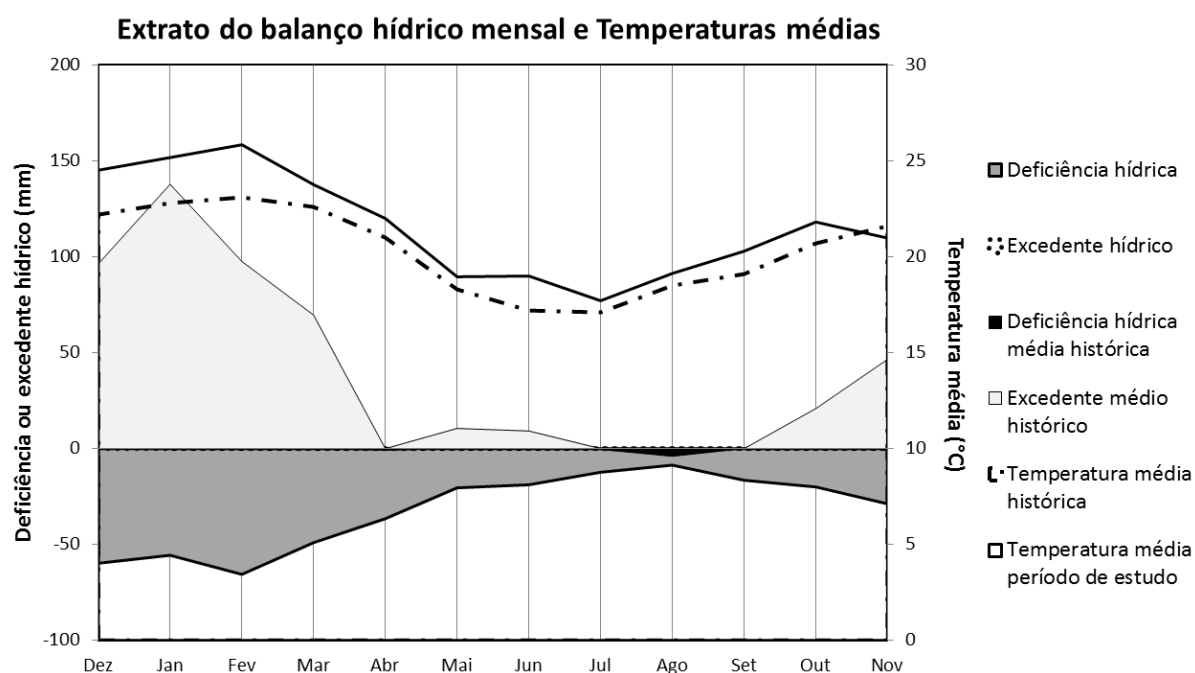


Figura 4. Extrato do balanço hídrico mensal e temperaturas médias para ao período de estudo, segundo dados meteorológicos diários fornecidos pela Estação Meteorológica da Fazenda Lageado – FCA/UNESP e dados meteorológicos mensais para o município de Botucatu, SP (CUNHA e MARTINS, 2009).

Precipitação efetiva e interna

A média dos valores de precipitação acumulada para o período experimental (vide coluna “média externo” – Tabela 6) foi 41,5% inferior à média histórica do município de Botucatu (1428,4 mm), segundo os dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Fazenda Lageado – FCA/UNESP(CUNHA e MARTINS, 2009). A média dos valores de precipitação acumulada para o primeiro, terceiro e quarto trimestres também foram inferiores à média histórica para esses trimestres, em 65,5, 77,8, 22,2%, respectivamente. Apenas o segundo trimestre apresentou média superior, em 1,35% (CUNHA e MARTINS, 2009).

A diferença entre as áreas quanto à precipitação efetiva coletada pelos pluviômetros foi menor que 1%.O SAF mostrou-se um sistema mais permeável do que o PAD quanto à precipitação interna. No Lageado (A1), a média dos valores de precipitação interna foi 6,8% maior no SAF do que no PAD, enquanto na Edgardia (A2) o SAF apresentou precipitação interna 4,6% superior à apresentada pelo PAD.

O valor médio da precipitação efetiva registrado em campo foi 1,8% menor do que o valor médio da precipitação efetiva registrado pela Estação Meteorológica da Fazenda Lageado – FCA/UNESP.

Tabela 6. Valores médios da precipitação trimestral precipitação efetiva (mm) e precipitação interna (mm) nos tratamentos SAF e PAD, e valores de referência da Estação Meteorológica – EMET (mm), segundo o tempo (trimestre; 1 = dez-jan-fev; 2 = mar-abr-mai; 3 = jun-jul-ago; 4 – set-out-nov).

Tempo (trimestre)	A1			A2			Média Externo Áreas 1 e 2 (mm)	EMET
	Externo (mm)	SAF (mm)	PAD (mm)	Externo (mm)	SAF (mm)	PAD (mm)		
1	222	180	166	234	176	172	228	255
2	324	256	241	329	261	245	326	275
3	29	20	20	31	20	19	30	46
4	259	227	210	244	198	188	252	276
TOTAL (mm)	834	683	637	839	655	624	836	851
Precipitação Interna (%)	-	82	76	-	78	74	-	-

Umidade do solo (%) e Potencial matricial do solo (ψ_{ms})

As duas áreas apresentaram faixas de umidade do solo (%) muito contrastantes, diferindo significativamente em todos os meses ($p < 0.0001$), o que indica grandes diferenças na capacidade de armazenamento de água entre os solos (Figura 5).

Na área 1, a umidade do solo foi maior no PAD do que no SAF apenas em julho, nas duas profundidades ($p < 0.02$ e 0.01), o que ocorreu na área 2 em junho ($p < 0.03$) e setembro ($p < 0.01$) na profundidade 0-15 cm, e em outubro ($p < 0.05$) e novembro ($p < 0.05$) na profundidade 15-30 cm.

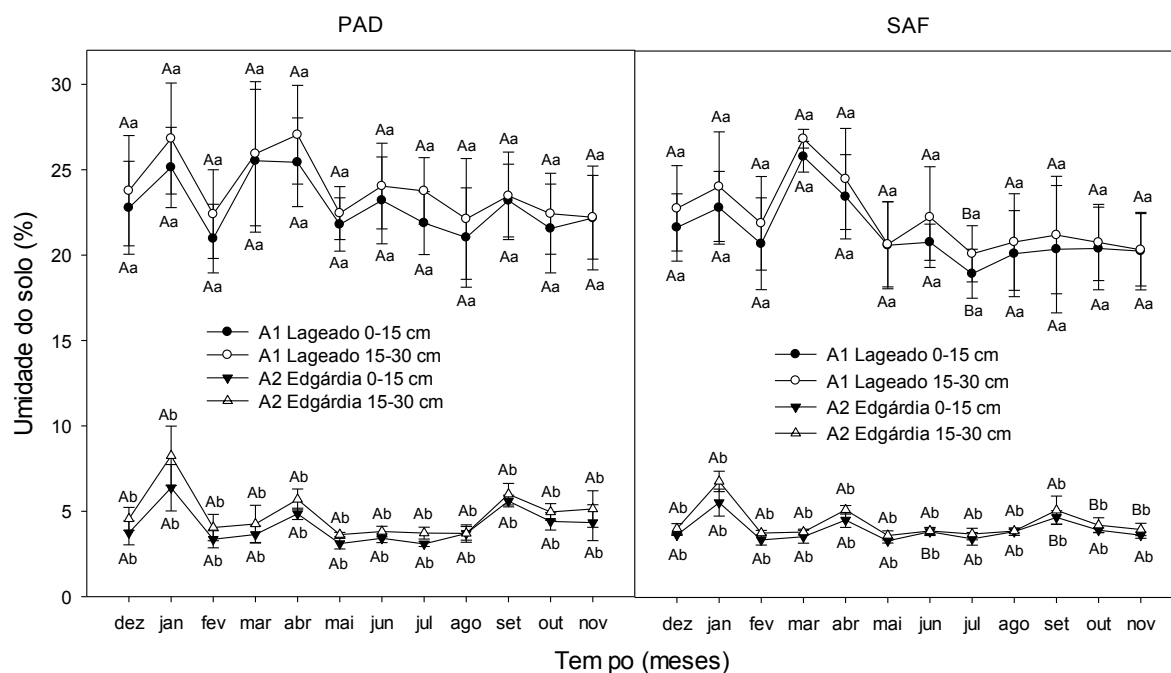


Figura 5. Valores médios de umidade do solo (%) (desvios padrões indicados pelas barras), segundo a profundidade (0-15 cm e 15-30 cm) e área (1 e 2) para os tratamentos SAF e PAD, no tempo (meses). Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre as áreas para cada tratamento ($p < 0,05$).

A correspondência dos valores de umidade do solo com os valores de potencial matricial (ψ_{ms}) determinados pela curva de tensão de água no solo (Tabela 7) revela que o ψ_{ms} foi menor que 0.1 MPa em todos os meses, exceto janeiro para o PAD. Além disso, tanto a área 1 quanto a área 2 apresentaram valores de ψ_{ms} abaixo do ponto de murcha permanente (PMP) $\sim 1,5$ MPa em 9 dos 12 meses avaliados.

Tabela 7. Valores médios da umidade do solo (%) compreendidos em intervalos de valores de tensão de água no solo (MPa) nas áreas 1 e 2, para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm.

Área	Profundidade (cm)	Tensão de água no solo (MPa)						
		Umidade do solo (%)						
		0	0.006	0.01	0.03	0.1	0.5	1.5
A1 Lageado	0-15	52.98	39.43	30.02	28.42	27.90	26.68	24.53
	15-30	47.11	41.28	34.22	32.68	32.26	31.11	29.22
A2 Edgárdia	0-15	36.67	30.98	8.89	7.15	6.26	5.52	4.83
	15-30	36.74	33.00	11.18	9.20	8.13	7.29	6.50

Temperatura máxima (Tmax) e umidade relativa do ar mínima (URmin)

A Tmax e URmin oscilaram de forma semelhante ao longo do período de experimentação nas duas áreas. Destaca-se o mês de fevereiro com temperaturas extremamente elevadas, em torno de 40°C, e valores reduzidos de URmin, em torno de 20% (Figura 6).

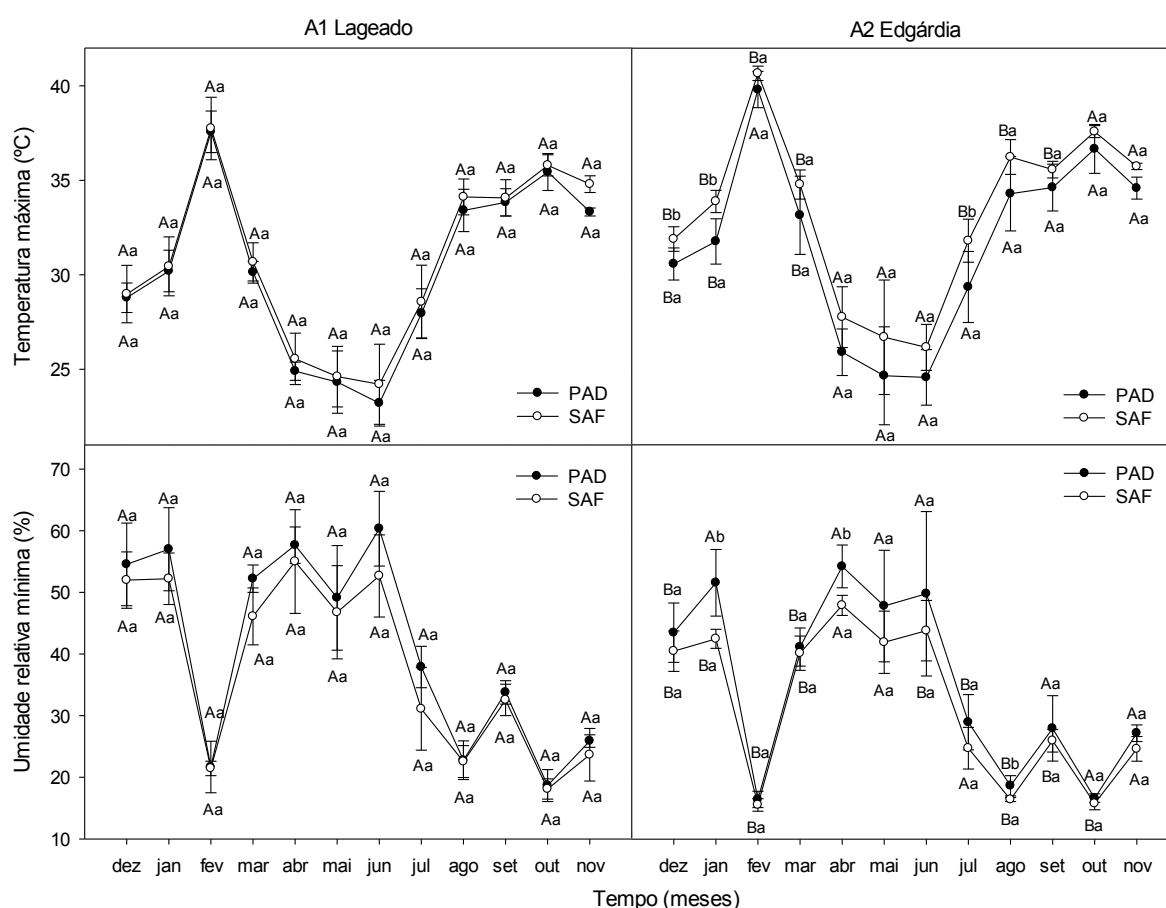


Figura 6. Valores médios de temperatura máxima °C e umidade relativa do ar mínima (%) (desvios padrões indicados pelas barras), segundo o tratamento (SAF e PAD) e tempo (meses). Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre áreas para cada tratamento ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$).

De modo geral, a área 2 apresentou condições ambientais mais severas do que a área 1, com maior Tmax e menor URmin no verão. Comparando os tratamentos entre as áreas, o PAD apresentou Tmax mais elevada na área 2 do que na área 1 em dezembro, fevereiro e março ($p < 0.02$; 0.01 ; 0.02) e URmin mais baixa nesses meses, em julho e agosto ($p < 0.02$; 0.02 ; 0.03 ; 0.01 ; 0.03). No SAF, a Tmax foi mais elevada na área 2 do que na área 1 em dezembro, janeiro, fevereiro, março, julho, agosto e setembro

($p < 0.01$; 0; 0;01; 0; 0.02; 0;01; 0.02), e a URmin mais baixa em dezembro, janeiro, fevereiro, março ($p < 0$), junho ($p < 0.05$), agosto, setembro ($p < 0$) e outubro ($p < 0.03$).

Comparando os tratamentos dentro de cada área, a diferença ocorreu em menor escala, mas aponta vantagem do PAD em comparação com o SAF em tamponar os efeitos dos extremos climáticos, especialmente na área 2, onde as condições foram mais severas (ver linha tracejada). Na área 1, a Tmax não diferiu entre PAD e SAF. Na área 2, a Tmax foi maior no SAF do que no PAD em dezembro, janeiro e julho ($p < 0.01$; 0.01; 0.05) respectivamente. Quanto a URmin, o SAF apresentou valores inferiores ao PAD em fevereiro ($P < 0.03$) na área 1, o que ocorreu na área 2 nos meses de janeiro, abril e agosto ($p < 0.01$; 0.01; 0.02) respectivamente.

Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA%)

O padrão de fenologia foliar da Floresta Estacional Semidecidual foi verificado em ambos os tratamentos e áreas, com aumento da incidência de RFA no sobosque florestal ao longo da época seca de inverno, devido à perda de folhas do dossel (Figura 7).

O SAF apresentou maior RFA% nas duas áreas e trimestres, exceto no segundo trimestre, na área 1. Além disso, a curva que representa o SAF na área 2 destaca-se das demais, assumindo elevados valores de RFA.

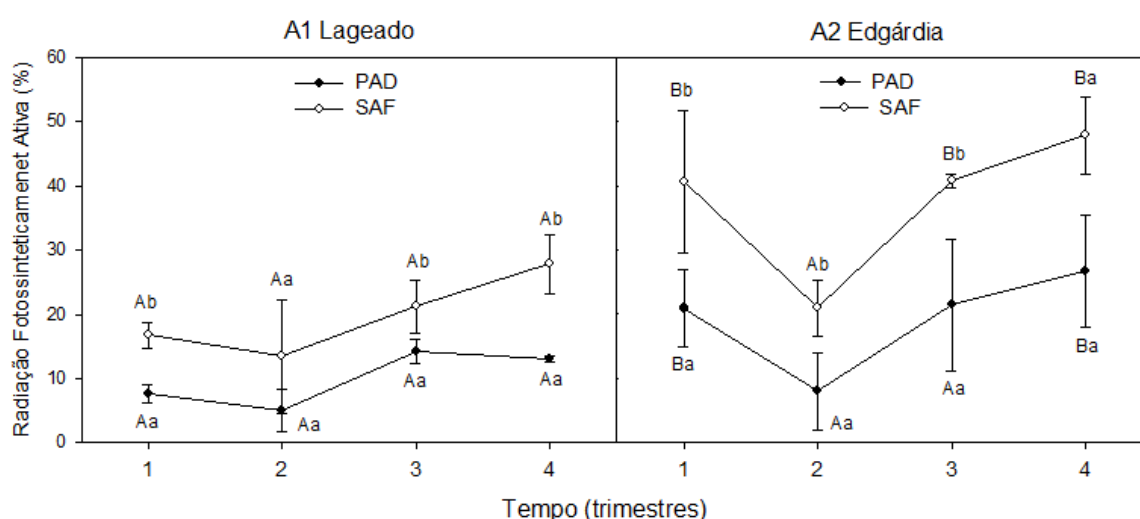


Figura 7. Valores médios de RFA (%) (desvios padrões indicados pelas barras), segundo as áreas 1 Lageado e 2 Edgárdia, tratamento (SAF e PAD) e tempo (meses). A linha tracejada separa os pontos de maior RFA% apresentados pelo SAF da Área 2 Edgárdia. Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre áreas para cada tratamento ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$).

Análise de sobrevivência

Os fatores testados determinaram diferentes riscos de mortalidade para as mudas de *Euterpe edulis*, sendo este 3,5 vezes maior na área 2 Edgardia em comparação com a área 1 Lageado ($p<0,001$), 1,6 vezes maior no SAF em comparação com o PAD ($p<0,001$) e 2,1 vezes maior para a classe A em comparação com a classe B ($p<0,001$) (Figura 8). Apesar dessas diferenças, as taxas de sobrevivência foram muito reduzidas após um ano na área 1 e nulas na área 2.

Destaca-se o mês de março, que registrou a maior queda na sobrevivência das mudas de *Euterpe edulis* de ambas as classes.

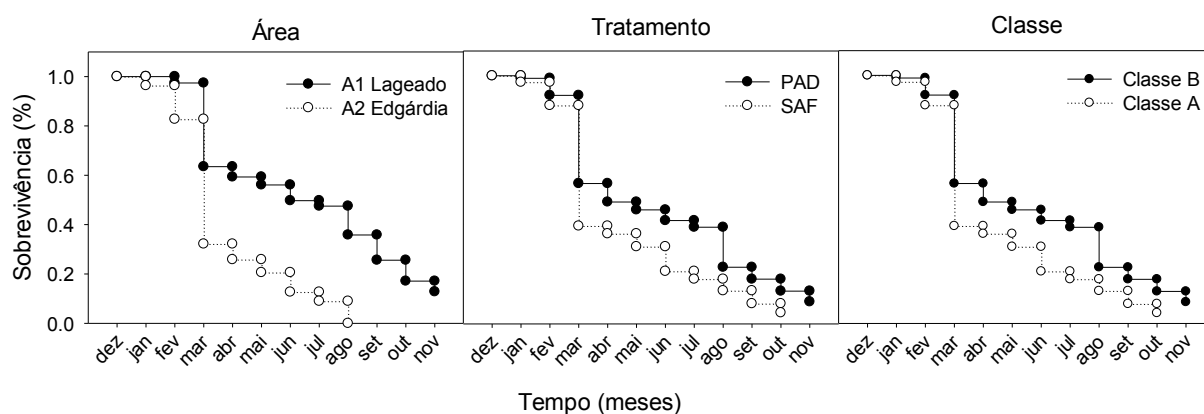


Figura 8. Curvas de sobrevivência segundo a área (1 Lageado e 2 Edgardia), sistema (SAF e PAD) e classe (A e B), no tempo (meses).

Parâmetros ecofisiológicos

As análises ecofisiológicas na área 2 foram realizadas somente até o mês de maio, em função da alta mortalidade registrada até o mês de abril de 2014.

Condutância estomática ao vapor d'água (g_s) e Déficit pressão de vapor (DPV)

Os valores médios de condutância estomática (g_s) variaram significativamente ao longo do tempo para as duas áreas e classes (Figura 9). Destaca-se o mês de fevereiro, com valores de g_s muito próximos de zero em ambas as classes. Os meses de julho e agosto também foram precedidos por valores muito reduzidos de g_s em ambas as classes (área 1).

A comparação entre os tratamentos PAD e SAF aponta pequenas diferenças quanto à g_s em ambas as classes. Na área 1 Lageado, a g_s da classe A foi menor no PAD do que no SAF em fevereiro e abril e maior em julho e outubro. Para a classe B, a g_s foi maior no PAD do que no SAF em setembro e novembro. Na área 2, a g_s foi maior no PAD do que no SAF em fevereiro para a classe A e março e abril para a classe B.

Comparando o desempenho das classes em cada área e tratamento, observa-se superioridade da classe B sobre a classe A. Na área 1, a classe B apresentou g_s superior à classe A em janeiro, abril, setembro, outubro e novembro no PAD, e em janeiro, março, julho, setembro e outubro no SAF. Na área 2, a classe B apresentou g_s superior à classe A de janeiro à abril apenas no PAD, não havendo diferença no SAF.

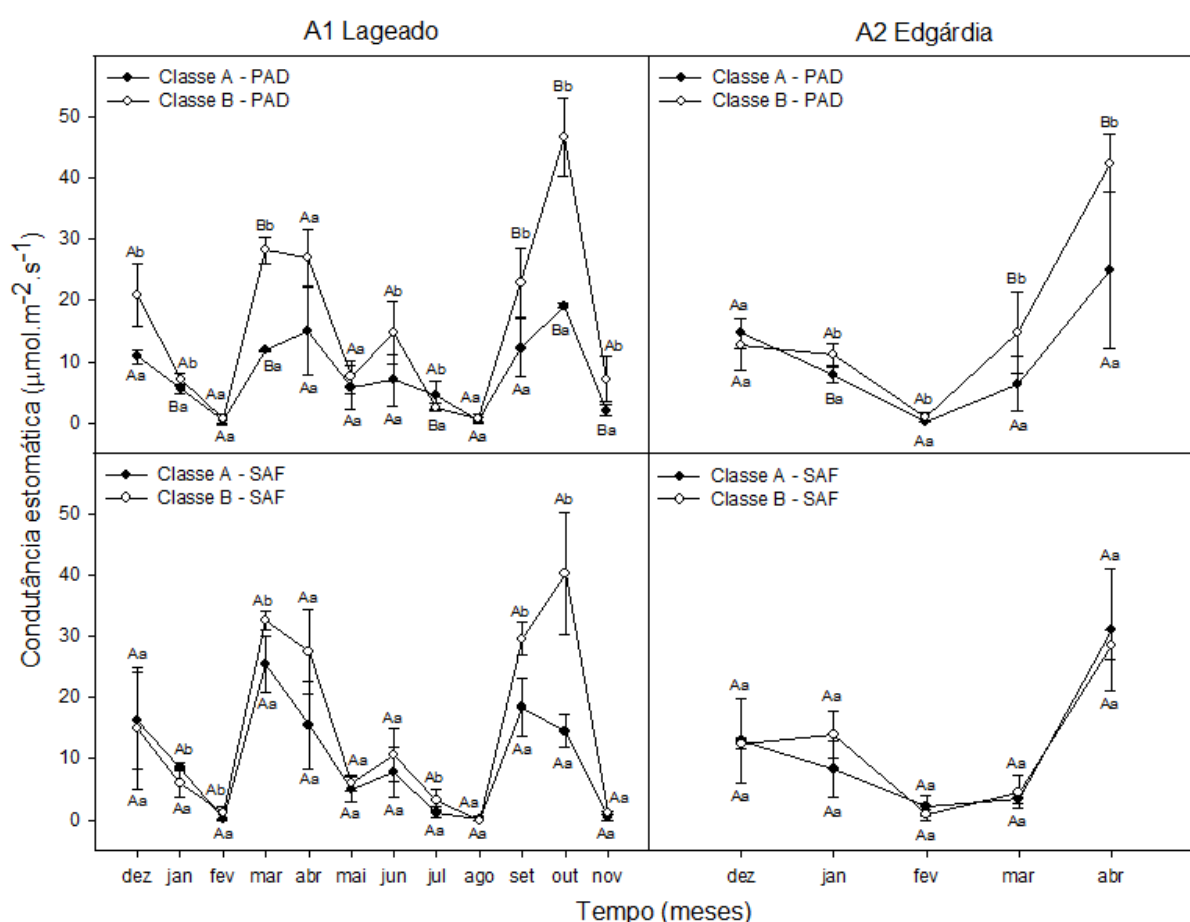


Figura 9. Valores médios de condutância estomática ao vapor d'água ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (desvios padrões indicados pelas barras) de plantas das classes A e B, tratamentos PAD e SAF, no tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgárdia. Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre cada classe, para cada tratamento e área ($p < 0,05$).

Praticamente não houve diferença entre os tratamentos PAD e SAF quanto ao déficit de pressão de vapor (DPV) (Figura 10). O DPV foi maior no SAF do que no PAD apenas em janeiro para a classe B e em março e maio para a classe A, na área 1. Na área 2, o DPV foi maior no SAF do que no PAD apenas em março para a classe A.

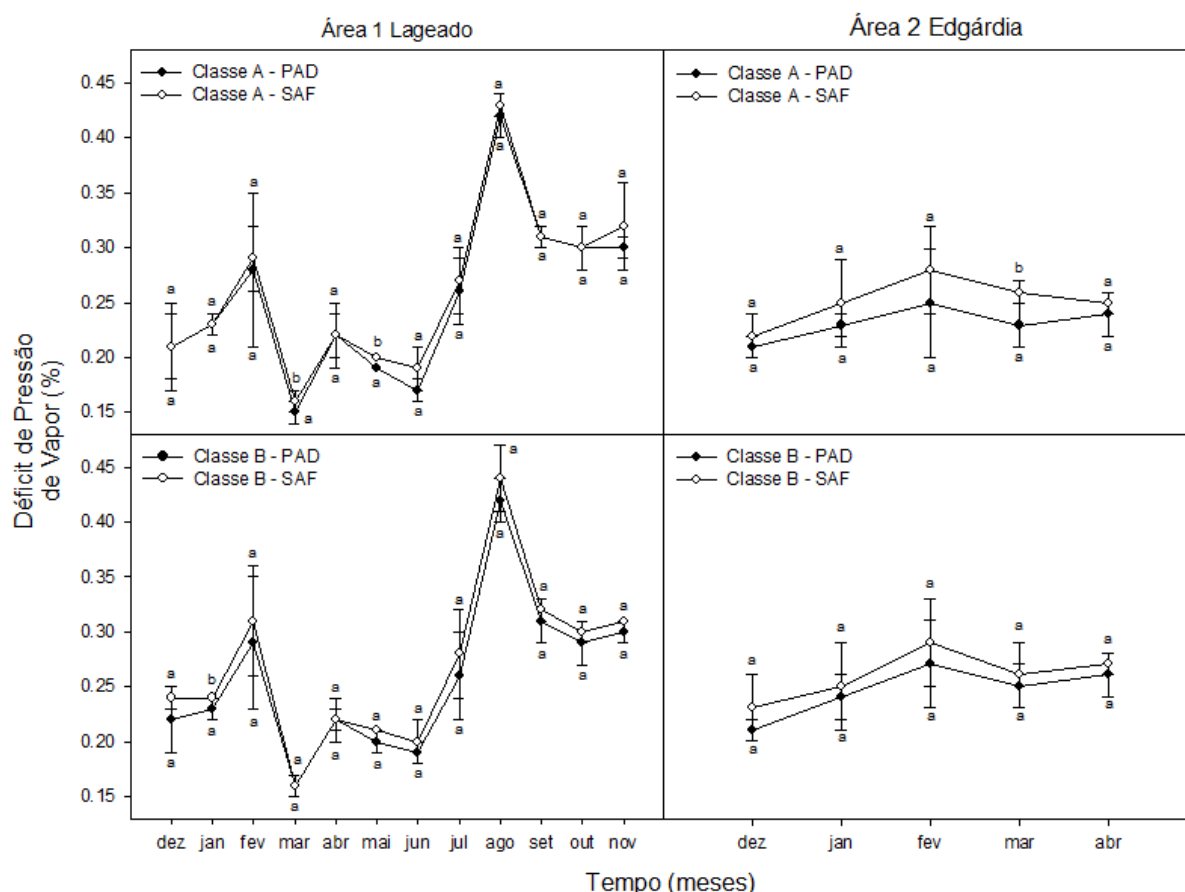


Figura 10. Valores médios de déficit pressão de vapor (%) (desvios padrões indicados pelas barras, para os tratamentos PAD e SAF, classe A e B, no tempo (meses), nas áreas 1 Lageado e 2 Edgárdia. Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamento, para cada classe e área ($p < 0,05$).

Conteúdo relativo de água (CRA) e Potencial hídrico foliar (ψ_{hf})

Na comparação dos tratamentos PAD e SAF, o Conteúdo relativo de água (CRA) e Potencial hídrico foliar (ψ_{hf}) apresentaram diferenças significativas nos meses de fevereiro, junho e julho (Figura 11). O CRA diferiu apenas na área 2, sendo menor no SAF em comparação ao PAD em fevereiro e março para a classe A. O ψ_{hf} foi mais negativo no SAF em comparação ao PAD em fevereiro para a classe A e em junho e julho para a classe B, apenas na área 1.

Comparando o desempenho das classes em cada área e tratamento, novamente observa-se superioridade da classe B sobre a classe A. Na área 1, a classe B apresentou CRA superior à classe A em fevereiro, agosto setembro e outubro no PAD e, fevereiro, março, agosto, setembro e novembro no SAF. Na área 2, a classe B apresentou CRA superior à classe A em fevereiro e março no PAD, apenas no PAD. Quando ao ψ_{hf} , na área 1, a classe B superou a classe A de março à outubro mês no PAD e em fevereiro, março e de junho à outubro mês no SAF. Na área 2, a classe B apresentou ψ_{hf} menos negativa em comparação com a classe A de fevereiro à abril no PAD e SAF.

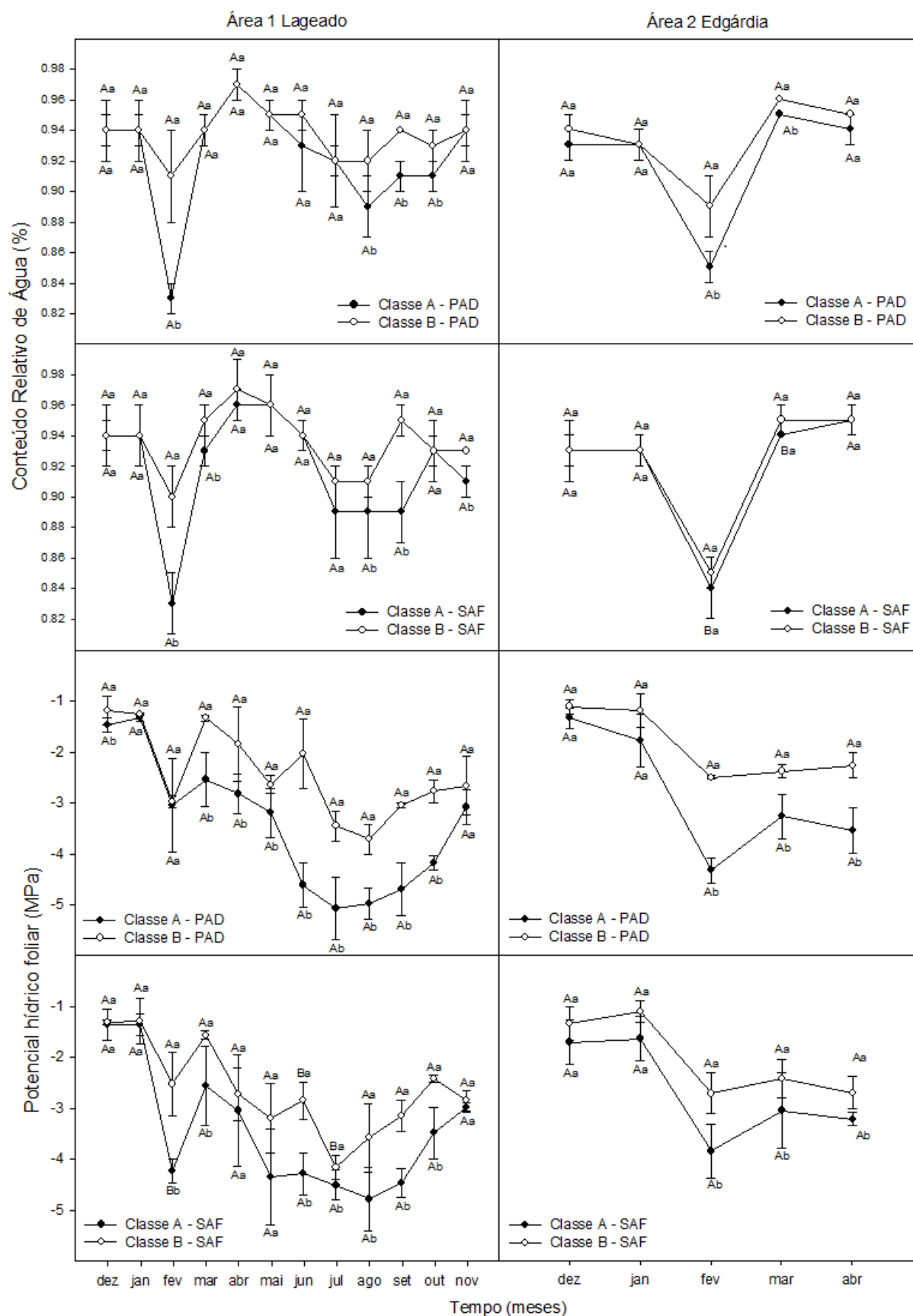


Figura 11. Valores médios de Conteúdo relativo de água (%) *predawn* e Potencial hídrico foliar (MPa) *predawn* (desvios padrões indicados pelas barras), segundo as classes A e B,

tratamentos PAD e SAF ao longo do tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgardia. Letras maiúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença estatística entre cada classe, para cada tratamento e área ($p < 0,05$).

Fluorescência da clorofila a

Eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m)

Na comparação dos tratamentos PAD e SAF, houve diferença significativa apenas na área 2 Edgardia, sendo a Eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m) menor no SAF em fevereiro, em ambas as classes (Figura 12).

Comparando o desempenho das classes em cada área e tratamento, nota-se superioridade significativa da classe B sobre a classe A quanto à F_v/F_m . Na área 1, a classe B apresentou valores superiores à classe A em janeiro e fevereiro no PAD e fevereiro, abril e novembro no SAF. Na área 2, a classe B superou a classe A apenas em abril no PAD. Ambas as classes apresentaram valores de F_v/F_m inferiores a 0,75, que indica fotoinibição. No entanto, nos dois tratamentos da área 1, a classe A apresentou indícios de fotoinibição em 7 meses, o que ocorreu para a classe B em apenas 4 meses.

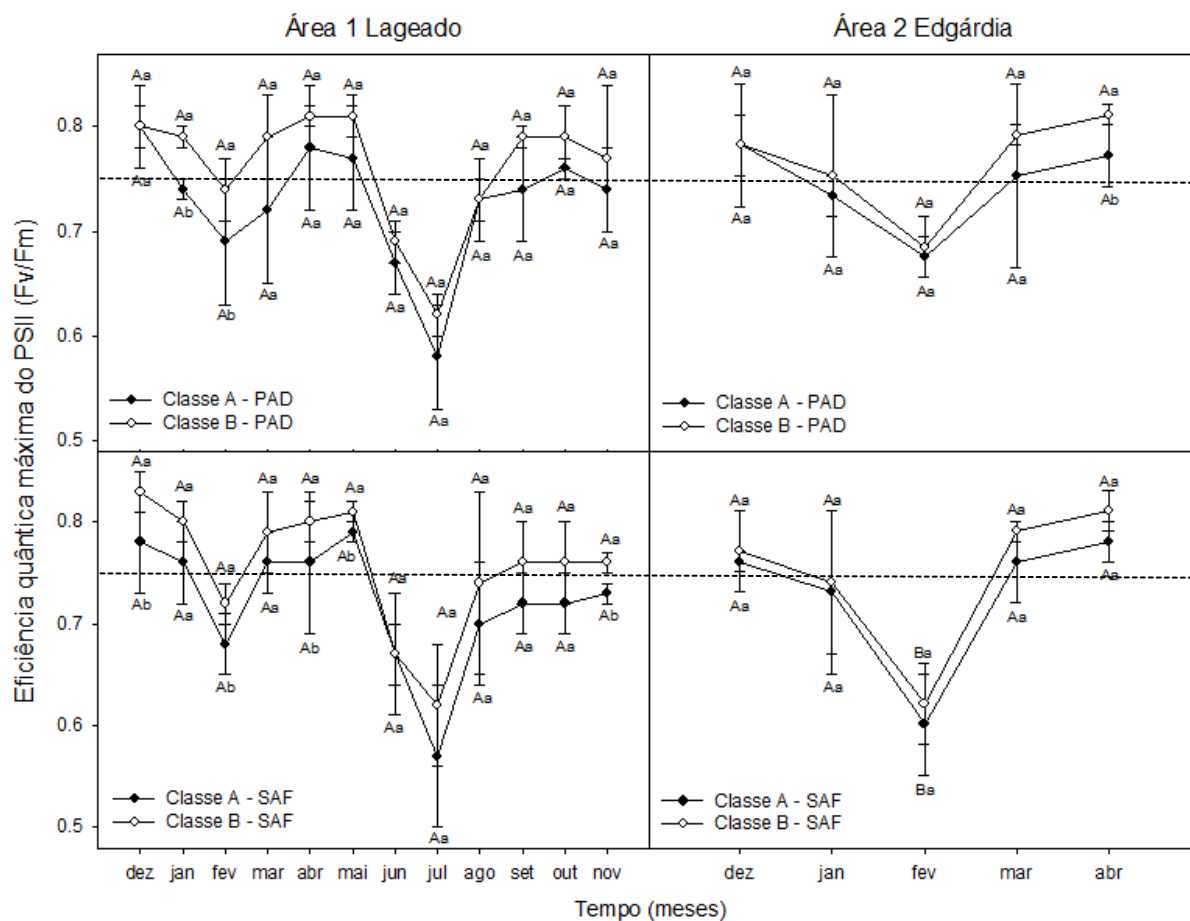


Figura 12. Diferenças entre as classes A e B para os valores médios de eficiência quântica máxima do PSII (F_v/F_m) (desvios padrões indicados pelas barras) segundo as áreas 1 e 2. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre tratamentos para cada área ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre cada classe, para cada tratamento e área ($p < 0,05$). A linha tracejada separa valores de F_v/F_m abaixo de 0,75, que indica fotoinibição.

Desenvolvimento das mudas

As análises de desenvolvimento das mudas na área 2 foram realizadas somente até o mês de maio em função da alta mortalidade registrada até o mês de abril, que resultou em número insuficiente de repetições para as classes e tratamentos.

Altura (H), Diâmetro a altura do colo (DAC), Área Foliar (AF) e Número de folhas (Nfol)

As plantas de ambas as classes e tratamentos não cresceram ao longo do período de estudo (Figura 13). Pelo contrário, as plantas da classe A e B apresentaram redução da altura (H) entre o terceiro e quarto trimestre, no PAD da área 1 ($p < 0.023$ e $p < 0.0034$). Não houve diferença significativa para o diâmetro a altura do colo (DAC) e área foliar (AF).

As plantas da classe A sofreram redução no número de folhas (Nfol) entre o primeiro e segundo trimestre, em ambas os tratamentos e áreas ($p < 0.0001$ e $p < 0.0001$). As plantas da classe B também sofreram redução no Nfol do primeiro para o segundo trimestre, em ambas os tratamentos e áreas ($p < 0.0001$ e $p < 0.0001$) e, ainda, entre o terceiro e quarto trimestre, no PAD da área 1 ($p < 0.0007$).

Para todas as variáveis, as diferenças observadas entre os tratamentos PAD e SAF ocorreram apenas em função das condições iniciais das plantas, que foram distribuídas aleatoriamente compondo um lote inicial a ser implantado. Ainda assim, nota-se tendência de convergência dos valores de H, DAC e Nfol entre os tratamentos para cada classe, de modo que não houve diferença significativa para nenhuma variável no último trimestre.

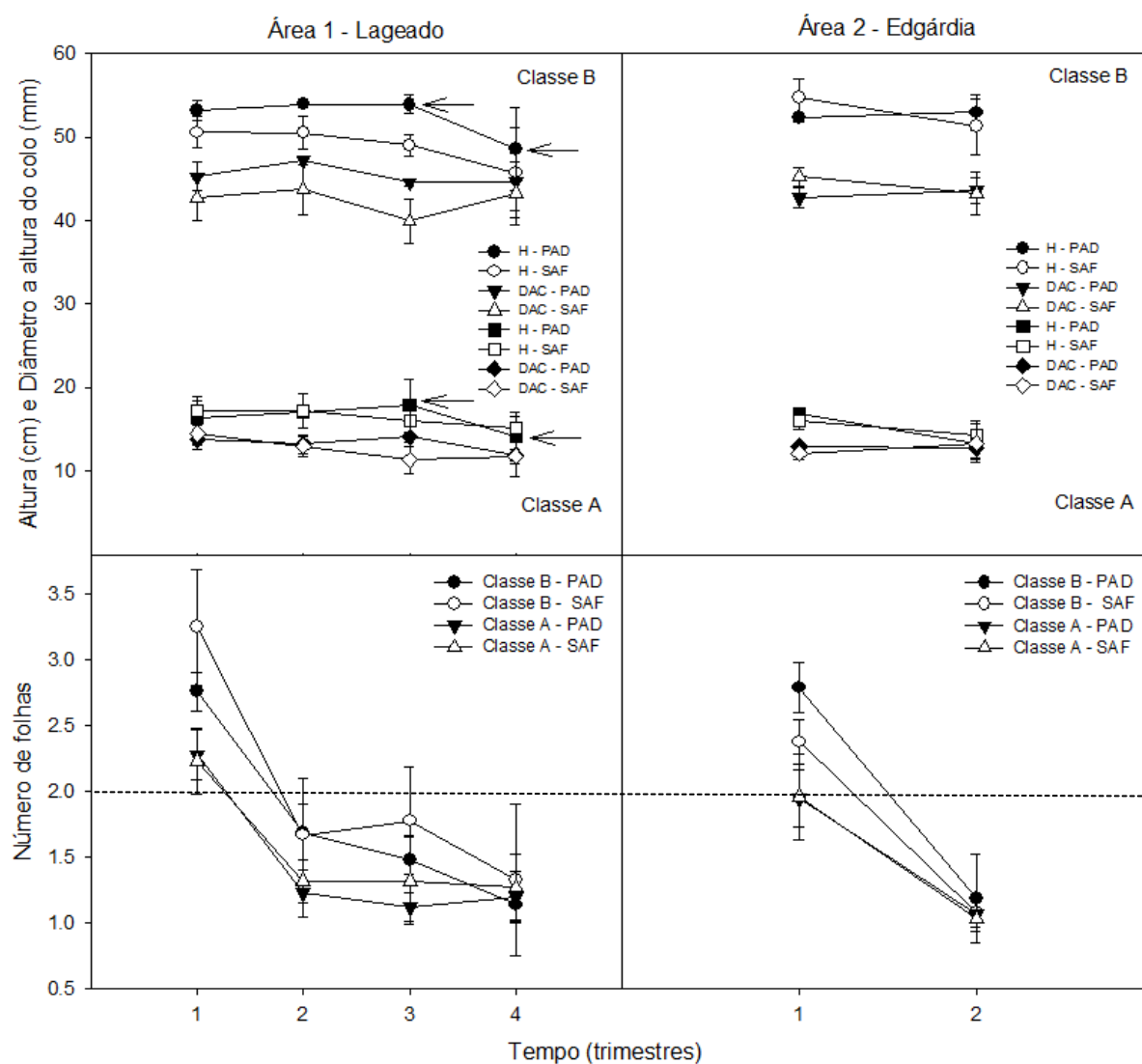


Figura 13. Valores médios de Altura (cm), Diâmetro a altura do colo (mm) e Nfol (desvios padrões indicados pelas barras) de plantas das classes A e B, nos tratamentos PAD e SAF, no tempo (meses), para as áreas 1 Lageado e 2 Edgárdia. A linha tracejada indica a redução significativa em Nfol registrada entre o primeiro e segundo trimestre em ambas as áreas. As flechas indicam diferença significativa entre trimestres.

DISCUSSÃO

Relação entre sobrevivência e as condições do meio físico

Em regiões tropicais com sazonalidade climática definida, a duração da época seca é reconhecida como importante determinante da distribuição das espécies arbóreas e florestas (CONDIT, 1998). Num cenário de mudanças climáticas globais, alterações em processos hidrológicos e padrões de precipitação potencialmente afetariam a distribuição das espécies, especialmente as mais sensíveis à seca, junto a toda estrutura e funcionamento das florestas tropicais (CONDIT et al, 1995; ENGELBRECHT et al, 2007). No nosso modelo experimental, o plantio de enriquecimento com *Euterpe edulis* coincidiu com período recorde de seca no verão, época normalmente chuvosa, e com uma época seca com deficiência hídrica acima da média histórica (CUNHA e MARTINS, 2009). Somado a isso, temperaturas médias elevadas e reduzida umidade relativa do ar, ao longo do período de estudo, determinaram condições extremas para a adaptação e estabelecimento inicial das plantas. Diante desse panorama e considerando as respostas ao déficit hídrico de *Euterpe edulis* (Capítulo 1), a reduzida taxa de sobrevivência obtida (<10%) seria de se esperar. A imposição de condições extremas sobre a espécie evidenciase, sobretudo, diante da elevada taxa de mortalidade registrada em março, em decorrência dos marcantes eventos ambientais do mês de fevereiro.

A seca é um complexo processo físico-químico-biológico capaz de resultar estresse hídrico e consequentemente limitar a fotossíntese, o crescimento e a sobrevivência das plantas (CHAVES et al., 2009), especialmente durante o crítico estágio de plântula (KITAJIMA, 1996). A deficiência hídrica registrada em todo o período de estudo resultou em reduzidos valores de umidade do solo nas duas áreas e, em consequência, valores de potencial hídrico do solo (ψ_{hs}) abaixo do ponto de murcha permanente (PMP). Este ponto é reconhecido como valor de potencial matricial do solo em que as raízes são incapazes de extrair água do solo para reidratar seus tecidos, levando a planta, em última instância, à morte (KUTÍLEK e NIELSEN, 2015). Além da quantidade e sazonalidade da precipitação, o tipo e textura do solo são fatores determinantes da disponibilidade hídrica no solo (SPERRY e HACKE, 2002). Na área 1 Lageado, em solo argiloso, foram registrados valores de umidade do solo superiores aos registrados na área 2 Edgardia, situada em solo mais arenoso. Essa diferença, no entanto, não refletiu disponibilização de água suficiente às mudas de *Euterpe edulis*, já o ψ_{hs} esteve abaixo do PMP na maioria dos meses nas duas áreas, o que explica, em grande parte, a elevada mortalidade registrada.

O microclima influencia uma ampla gama de processos ecológicos importantes para o desenvolvimento das plantas (BONAN, 2008). A área 2 Edgardia apresentou temperaturas máximas mais elevadas e umidade relativa do ar mínima mais reduzida em comparação com a área 1 Lageado, em ambos os tratamentos, ao longo do atípico verão de 2014. Tais diferenças devem-se a diferentes fatores bióticos e abióticos associados às áreas. De modo geral, a RFA foi maior na área 2 Edgardia em comparação à área 1 Lageado, em ambos os tratamentos. A cobertura do dossel apresenta forte influência sobre as condições microclimáticas (ASHTON, 1992; ASHCROFT e GOLLAN, 2012). A maior penetração da radiação solar no interior da floresta contribui para o aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar, por meio do aquecimento do solo, evapotranspiração e evaporação da água do sistema (AUSSENAC, 2000; HARDWICK et al., 2015). Com relação aos fatores abióticos, sabe-se que com a elevação da altitude do sítio a temperatura tende a diminuir (KÖRNER, 2007). Também a face de exposição ao sol predominante contribui para que haja maior incidência de radiação solar e alteração microclimática. No caso, a área 2 Edgardia, voltada ao sudeste, recebeu maior insolação acumulada do que a área 1 Lageado, voltada ao oeste.

Altas temperaturas do ar, especialmente nos 0,5 metros acima do solo, resultam em condições estressantes, especialmente a plantas em processo de estabelecimento inicial, que podem sofrer dissecação de tecidos, degradação de proteínas, disfunções bioquímicas e apresentar elevada respiração e transpiração (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006). A incidência da radiação direta sobre o solo promove seu rápido aquecimento. Parte dessa energia transferida é para o ar por convecção, criando um perfil de temperatura mais alta próximo ao solo (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006). Acreditamos que plantas de diferentes classes sofreram estresse térmico em diferentes intensidades. Plantas da classe A, em maior proximidade com o solo, teriam experimentado temperaturas mais elevadas que as plantas da classe B, o que pode ter contribuído para os diferentes riscos de mortalidade registrados entre classes, e ainda, entre os tratamentos PAD e SAF, que diferiram significativamente nas duas áreas. Isso porque as temperaturas na folha podem atingir até 10°C acima da temperatura do ar, o que pode resultar em desidratação e mortalidade foliar, caso a capacidade de dissipação do calor pela planta seja comprometida (ISODA, 2010). Além disso, plantas em estádios de desenvolvimento inferiores geralmente possuem enraizamento mais superficial e menor capacidade de transporte hídrico e reserva de carbono do que plantas em estádios mais avançados, sendo, portanto, mais suscetíveis ao estresse térmico (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006).

Capacidade de tamponamento de condições ambientais extremas dos sistemas de plantio e implicações para *Euterpe edulis*

Os diferentes modelos de restauração diferiram na capacidade de tamponar os efeitos dos extremos ambientais, o que resultou na maior probabilidade de sobrevivência para plantas de *Euterpe edulis* introduzidas no PAD em comparação ao SAF.

Com relação aos dados do meio físico, a umidade do solo, a temperatura máxima e a umidade relativa do ar mínima não diferiram substancialmente entre os tratamentos na área 1 Lageado. Na área 2 Edgardia, essas diferenças ocorreram em meses isolados, especialmente durante a época seca do inverno. Acreditamos que os efeitos do atípico verão de 2014 se sobrepuseram à capacidade de tamponamento dos tratamentos, que só se evidenciou ao longo da época seca do inverno. Por outro lado, praticamente em todos os trimestres, e nas duas áreas, a RFA foi maior no SAF do que no PAD, o que

permite sugerir que a RFA foi o principal responsável pela diferença na taxa de sobrevivência registrada entre os tratamentos. Nesse caso, o excesso de radiação solar incidente sobre as plantas no SAF, junto às altas temperaturas, teria reduzido a capacidade de tolerância das plantas ao déficit hídrico (CHAVES et al., 2002). A maior taxa de RFA registrada no SAF em comparação ao PAD reflete as diferenças de composição e estrutura dos sistemas de plantio, pois o PAD possuía área basal e densidade cerca de 40% maior do que o SAF (Tabela 3).

Os sistemas de plantio utilizados diferem quanto aos objetivos, sendo o PAD um sistema com fins exclusivamente ecológicos e o SAF um sistema que prevê a exploração econômica de produtos florestais junto à restauração ecológica, assim, alguns *trade-offs* entre os tratamentos seriam passíveis de ocorrer (LAMB et al., 2005). No caso, observamos diferentes resistências aos eventos ambientais extremos ocorridos ao longo do estudo entre os sistemas de plantio, sendo o PAD mais resiliente neste aspecto. Isso pode ser explicado, em parte, por haver maior complementaridade entre espécies quanto ao uso de recursos do ecossistema, levando à melhoria da performance do ecossistema (LOREAU et al., 2001). Com estrutura mais complexa, o PAD apresenta estratificação vertical mais semelhante ao padrão apresentado pelas Florestas Estacionais Semidecíduais em comparação com o SAF, o que resulta em maior interceptação da luz do dossel ao solo, menor aquecimento do solo, maior manutenção da umidade relativa do ar e consequentemente maior estabilização do microclima (MARQUES FILHO et al., 2005). Adicionalmente, um recente estudo avaliou a influência da biodiversidade sobre a amenização dos efeitos da seca, e revelou que maior diversidade de espécies arbóreas tem potencial de aumentar a resistência de ecossistemas florestais a eventos de seca, quando em ambientes naturalmente sazonais (GROSSIORD et al., 2014), o que corrobora nossa hipótese.

Respostas ecofisiológicas e morfológicas de *Euterpe edulis* em diferentes estádios de desenvolvimento em condições de campo

As respostas ecofisiológicas registradas entre as classes contribuem para explicar as diferentes taxas de probabilidades de sobrevivência registradas. Registramos superioridade da classe B em relação à classe A para todas as variáveis de relações hídricas (g_s , CRA e ψ_{hf}) e para variável relacionada à fluorescência da clorofila a (f_v/f_m), nas duas áreas. No entanto, no SAF da área 2, onde as condições ambientais foram

mais severas, essas diferenças se deram em menor intensidade e frequência, de modo que a influência do meio físico foi maior do que a influência das classes e tratamentos. Já na área 1 Lageado, em condições ambientais mais amenas, as plantas puderam exibir respostas características da espécie, em função das classes e tratamentos testados.

As variações na disponibilidade de água no solo ao longo do estudo, associadas às alterações do meio físico, resultaram em diferenças significativas no *status* hídrico foliar em ambas as classes. A classe B apresentou valores de CRA e ψ_{hf} significativamente superiores em comparação à classe A, o que se evidenciou nos períodos de maior deficiência hídrica nas duas áreas. Em fevereiro, a classe B apresentou CRA em torno de 91%, enquanto para a classe A os valores em torno de 83%, na área 1. Ao longo dos seguidos meses de seca no inverno a diferença entre classes se manteve, ainda que em menor intensidade. A redução da CRA e ψ_{hf} é uma resposta esperada à deficiência hídrica (ELSHEERY e CAO, 2008; RANJBARFORDOEI et al., 2013), sendo geralmente precedida por redução na condutância estomática, transpiração e consequentemente no suprimento de CO₂ usado no processo fotossintético (BRAY, 2001. GOMES e PRADO, 2007).

Ambas as classes apresentaram valores de g_s próximos de zero, especialmente no pico das secas de verão e inverno, com valores elevados de DPV. Nos meses com condições ambientais mais favoráveis, a classe B apresentou valores g_s até duas vezes maiores ($50\mu\text{mol}^{-2}.\text{s}^{-1}$) do que os apresentados pela classe A, o que denota maior eficiência no controle estomático nesta classe. Maior eficiência no controle estomático representa economia de água em momentos de deficiência hídrica e melhor aproveitamento da disponibilidade hídrica em condições favoráveis, o que após situações estressantes, permite o restabelecimento do *status* hídrico e do balanço de carbono da planta (CHAVES et al., 2009, ANJUM et al., 2010) resultando, por fim, em maiores chances de sobrevivência (AASAMAA e SÖBER, 2011). Como não registramos significativas diferenças entre classes e tratamentos para o DPV, importante fator de variação na condutância estomática (CHAVES et al., 2009), é provável que o desempenho superior da classe B sobre a classe A esteja associada à características morfológicas. Conforme observamos no capítulo 1, plantas da classe B possuíam maior área foliar e volume radicular, o que lhes conferiu sinalização ao déficit hídrico no solo e comportamento hidráulico mais eficiente.

No nosso modelo experimental, a classe B apresentou indícios de fotoinibição somente nos meses mais críticos no verão e inverno, com eficiente recuperação da F_v/F_m . Já a classe A apresentou indícios de fotoinibição ao longo de seguidos meses, demonstrando maior dificuldade ou até a impossibilidade de recuperação do aparato fotossintético, como no caso do SAF na área 1. O grau de fotoinibição depende, em parte, da capacidade de aclimação das folhas a diferentes níveis de luz (DURAND e GOLDSTEIN 2001). Espécies de plantas tolerantes à sombra geralmente possuem elevada sensibilidade à fotoinibição (VALLADARES e NIINEMETS, 2008; COSTA et al., 2015). Por outro lado, há indícios que essa sensibilidade varie entre diferentes estádios ontogenéticos (VALLADARES e NIINEMETS, 2008), o que faz sentido, uma vez que a demanda por luz tende a aumentar com o avançar dos estádios ontogenéticos (LUSK, 2004). Para *Euterpe edulis*, o melhor desempenho de F_v/F_m indica a redução da sensibilidade à fotoinibição para plantas pertencentes a estádios de desenvolvimento superiores.

Mesmo condições ótimas de radiação podem não ser vantajosas se disponibilidade hídrica e a temperatura do ar não forem apropriadas à fotossíntese (BONTEMPO E SILVA et al., 2014). Em casa de vegetação, Nakazono (2001) identificou de faixa de radiação situada entre 20 a 70% como ideal para o crescimento de *Euterpe edulis* (NAKAZONO et al., 2001). Gatti (2005) notou a ausência de indivíduos da espécie em áreas abertas ou grandes clareiras com mais de 40% da radiação solar plena. No presente estudo, os maiores valores de RFA foram registrados no SAF da área 2, e giram em torno do limite apontado por Gatti (2005), o que ajuda a explicar a maior taxa de mortalidade encontrada nesse sistema.

Devido às severas condições do meio físico e resultados ecofisiológicos, não surpreende o fato das plantas não apresentarem taxas de crescimento positivas em altura e diâmetro a altura do colo, bem como alterações significativas na área foliar. A somatória desses fatores criou um cenário desfavorável para que as taxas fotossintéticas atingissem o necessário para produção e incorporação de biomassa (CHAVES et al., 2002; DU et al., 2010). Por outro lado, a redução do número de folhas observada é uma das estratégias de tolerância à seca adotada pela espécie (capítulo 1), que permite ajuste da relação parte aérea e radicular visando posterior economia de água (DU et al., 2010; HOJATI et al., 2011). Ambas as classes reduziram o número de folhas do

primeiro para o segundo trimestre, embora apenas a classe Bo tenha feito em dois momentos diferentes. Esse fato indica maior eficiência de resposta morfológica ao estresse em plantas de estádios mais avançados, possivelmente por possuírem maior reserva de carbono contida na biomassa do que em plantas de estádios inferiores (EHLERINGER e SANDQUIST, 2006).

As plantas pertencentes às diferentes classes procedem de distintas formações florestais, FES – Floresta Estacional Semidecidual (Classe A) e FOD – Floresta Ombrófila Densa (Classe B), o que representa uma limitação para o presente estudo, uma vez que espécies com ampla distribuição geográfica e ecológica podem possuir distintas adaptações ao habitat. De fato, Brancalion (2009) identificou que procedências locais de *Euterpe edulis* possuem vantagem no estabelecimento inicial, tanto para a Floresta Estacional Semidecidual quanto para a Floresta Ombrófila Densa, em função da maior emergência e sobrevivência de plântulas, respectivamente. Por outro lado, neste estudo as plantas procedentes da FOD (classe B) apresentaram melhor desempenho ecofisiológico do que as procedentes da FES (classe A), o que de certo modo ressalta ainda mais a existência de diferenças respostas ao déficit hídrico em função do estágio de desenvolvimento das plantas. Ainda assim, tal questão permanece como fator limitante neste estudo, pois segundo o mesmo autor diferentes formações florestais de ocorrência de *Euterpe edulis* devem ser tratadas como zonas ecológicas para a coleta de sementes visando ações de conservação e de restauração ecológica. Isso porque a introdução de procedências não-locais poderia prejudicar a perpetuação da espécie no local de introdução, pela gradual geração de plântulas com menor potencial de estabelecimento e consequente redução da abundância da espécie na área. Nesse sentido, o autor ressalta ser crucial o uso de procedências locais visando à criação de populações autossustentáveis que retenham a variação genética adaptativa, importante especialmente considerando as mudanças climáticas globais.

CONCLUSÕES

Plantas de *Euterpe edulis* de estádios de desenvolvimento superiores apresentam mecanismos estomáticos e não-estomáticos que conferem melhor desempenho em condições de estresse hídrico em comparação com plantas de estádios inferiores.

A composição e estrutura dos sistemas de restauração afetam a capacidade de tamponar os efeitos dos extremos ambientais, mediante controle microclimático. Sistemas de plantio com fins exclusivamente ecológicos e maior diversidade estrutural e taxonômica, podem propiciar melhor desempenho em comparação a sistemas mais simplificados, determinando condições mais favoráveis ao estabelecimento inicial e adaptação de *Euterpe edulis* em sistemas de enriquecimento.

Condições ambientais extremas podem se sobrepor à capacidade de sobrevivência e adaptação de *Euterpe edulis* em áreas de restauração da Floresta Estacional Semidecidual. Considerando as projeções de aumento da recorrência de eventos climáticos extremos devido à mudança climática global, investir em plantios de restauração utilizando espécies pouco tolerantes a estresses ambientais pode ser arriscado, especialmente esperando-se retorno econômico. Nesse sentido, a adoção de manejo adaptativo e a seleção de genótipos mais resistentes devem ser consideradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As avaliações destrutivas das plantas ao longo dos regimes de disponibilidade hídrica, viáveis apenas no experimento realizado em casa de vegetação, revelaram, junto à avaliação da condutância estomática, a possibilidade de promover a rustificação de *Euterpe edulis* em viveiro visando aumentar a resistência da espécie a situações de estresse hídrico. Além disso, constatamos o melhor desempenho de plantas estádios de desenvolvimento superiores em resposta ao déficit hídrico. A incorporação destes aspectos fitotécnicos em plantios com de *Euterpe edulis* tem, portanto, potencial de ampliar as chances de sucesso do estabelecimento da espécie, mesmo que em áreas com condições favoráveis à sua ocorrência natural.

Estudos que reportem insucessos em plantios são escassos na literatura. Apenas um estudo foi encontrado para *Euterpe edulis*, em que se obteve sobrevivência nula logo no primeiro ano do plantio (DURIGAN et al., 2004). Adicionalmente, a experiência pessoal dos envolvidos nessa pesquisa (dados não publicados) inclui diversos outros plantios com resultados igualmente insatisfatórios para a espécie. O estudo realizado em campo coincidiu um período recorde de eventos climáticos extremos que proporcionou condições severas às mudas de *Euterpe edulis*, resultando na sobrevivência de 6,25% do total implantado. Se por um lado esse resultado aponta para a baixa viabilidade de plantios em áreas fora da ocorrência normal da espécie, especialmente

diante da ocorrência de eventos climáticos extremos, por outro lado ressalta algumas limitações capazes de restringir o sucesso no cultivo racional de *Euterpe edulis* que podem contribuir com a tomada de decisão racional em projetos.

Com relação aos indivíduos sobreviventes levantamos duas hipóteses principais: 1) possível papel de microssítios específicos e favoráveis (“*safe sites*”– URBANSKA, 1997) ao seu estabelecimento inicial? Neste caso, poderiam ser pesquisados os limiares físicos para o estabelecimento da espécie com base nos microssítios; 2) diferenças genotípicas podem ter desencadeado respostas na superação deste crítico período? Neste caso, abrem-se as portas para a possibilidade de seleção de genótipos mais adaptados a condições mais secas. Numa última ida a campo, em junho de 2015 (dados não apresentados), encontramos todos os indivíduos remanescentes ainda sobreviventes. Constatado de fato o estabelecimento e desenvolvimento destes indivíduos, pesquisas adicionais poderiam ser conduzidas para identificar estas respostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASAMAA, K.; SÖBER, A; RAHI, M. Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 28, p. 765–774, 2001.
- AASAMMA, K.; SÖBER, A. Responses of stomatal conductance to simultaneous changes in two environmental factors. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, p. 1–10, 2011.
- ANJUM, S.A.; XIE, X.; WANG, L.; et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 06.p. 2026–2032, 2011.
- ASHCROFT, M.B.; GOLLAN, J.R. Fine-resolution (25 m) topoclimatic grids of near-surface (5 cm) extreme temperatures and humidities across various habitats in a large (200 × 300 km) and diverse region. **International Journal of Climatology**, West Sussex, v. 32, n 14, p. 2134–2148, 2012.
- ASHTON, P.M.S. Some measurements of the microclimate within a Sri Lankan tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 59, p. 217–235, 1992.
- AUSSENAC, G. Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. **Annals of Forest Science**, Paris, v. 57, p. 287–301, 2000.
- BAKER, N.R.; Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 89-113, 2008.

BJORKMAN, O; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Heidelberg, 170:489-504, 1987.

BONTEMPO E SILVA, E.A.; ONO, K.; SUMIDA, A.; et al. Contrasting traits, contrasting environments, and considerations on population dynamics under a changing climate: an ecophysiological field study of two co-dominant tree species. **Plant Species Biology**, Richmond, doi: 10.1111/1442-1984.12074, 2014.

BOVI, M.L.A.; GODOY JUNIOR, J.; SÁES, L.A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In: **I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO**, 1987, Curitiba. Anais... Brasília, DF: EMBRAPA-CNPq, 1987. p. 1–43.

BOVI, M.L.A.; SÁES, L.A.; CARDOSO, M.; et al. Densidade de plantio de palmito em regime de sombreamento permanente. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 329–341, 1987.

BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G.; STRASSBURG, B.B.N.; et al. Finding the money for tropical forest restoration. **Unasylva**, Roma, v. 239, p. 41–50, 2012.

BRAY, E.A. **Plant response to water-deficit stress**. University of Chicago, Chicago, IL, 2007.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional process. **Turrialba**, San Jose, v. 15, 40–42, 1965.

BUTLER, W.L. Energy distribution in the photochemical apparatus of photosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 29, p. 345–78, 1978.

CALBO, M.E.R.; MORAES, J.A.P.V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açaí). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 23, p. 225–230, 2000.

CALBO, M.E.R.; MORAES, J.A.P.V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 09, p. 117–123, 1997.

CAMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. (1997) Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO_CCTA_1629_1112121492.pdf. Acessado em 10/02/2015.

CARVALHO, C.S.; RIBEIRO, M.C.; CÔRTEZ, M.C.; et al. Contemporary and historic factors influence differently genetic differentiation and diversity in a tropical palm. **Heredity**, London, p. 1–9, 2015.

CARVALHO, R.33M. **Aspectos da história de vida de folhas do palmito (*Euterpe edulis* Martius, Arecaceae)**. 1994. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual de Campinas, 1995.

CASSON, S.A.; HETHERINGTON, A.M. Environmental regulation of stomatal development. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 13, p. 90–95, 2010.

CHAKHCHAR, A.; LAMAOU, M.; WAHBI, S.; et al. Leaf water status, osmoregulation and secondary metabolism as a model for depicting drought tolerance in *Arganiaspinosa*. **Acta Physiologia e Plantarum**, Heidelberg, v. 37, p. 80-96, 2015.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, p. 551–560, 2009.

CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; et al. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916, 2002.

CLEMENT, C.R.; LLERAS, P.E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 1–2, p. 67–71, 2005.

COLOSIMO, E. R.; GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada**. São Paulo: Edgard Blucher. 2006, 392 p.

COMITA, L.S.; ENGELBRECHT, B.M.J. Seasonal and spatial variation in water availability drive habitat associations in a tropical forest. **Ecology**, Washington, v. 90, p. 2755–2765, 2009.

CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Mortality Rates of 205 Neotropical Tree and Shrub Species and the Impact of a Severe Drought. **Ecological Monographs**, Washington, v. 65, n. 04, 1995.

CONDIT, R. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in Panama. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 39, p. 413–427, 1998.

CONTE, R.; NODARI, R.O.; VENCOSKY, R., et al. Genetic diversity and recruitment of the tropical palm, *Euterpe edulis* Mart., in a natural population from the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 91, p. 401–406, 2003.

CONTE, R.; REIS, M.S.; REIS, A.; et al. Dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis*. **Sellowia**, Itajaí, v. 49, p. 106–130, 2000.

COOKE, S.J.; SUSKI, C.D. Ecological restoration and physiology: an overdue integration. **BioScience**, Cary, v. 58, p. 957–968, 2008.

COSTA, A.C.; REZENDE-SILVA, S.L.; MEGGUER, C.A.; et al. The effect of irradiance and water restriction on photosynthesis in young jatobá-do-cerrado (*Hymenaeastigonocarpa*) plants. **Photosynthetica**, Prague, v. 53, n. 01, p. 118-127, 2015.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação Climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.

DEL MORAL, R.; WALKER, L.R.; BAKKER, J.P. Insights gained from succession for the restoration of landscape structure and function. In: WALKER, L.R., WALKER, J. E HOBBS, R.J. (Eds.) **Linking restoration and ecological succession**. p. 19–44. Springer, New York, NY, USA. 2007.

DENSLOW, J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 431–451, 1987.

- DÍAZ, S.; CABIDO, M.; CASANOVES, F. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, v. 9, p. 113–122, 1998.
- DIGGLE, P.J.; HEAGERTY, P.J.; LIANG, K.Y.; ZEGER, S. **Analysis of Longitudinal Data** (2nd edition). Oxford University Press, Oxford, 2002.
- DRANSFIELD, J.; UHL, N.W.; ASMUSSEN, C.B.; et al. **Genera Palmarum**. Richmond, UK: Royal Botanic Gardens, Kew. 2008. 732 p.
- DU, N.; GUO, W.; ZHANG, X.; WANG, R. Morphological and physiological responses of *Vitexnegundo* L. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd to drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v.32, p.839–848, 2010.
- DURAND, L.Z.; GOLDSTEIN, G. Photosynthesis, photoinhibition, and nitrogen use efficiency in native and invasive tree ferns in Hawaii. **Oecologia**, Dordrecht, v. 126, p. 345–354, 2001.
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A.; MELO, A.C.G.; et al. Plantio de enriquecimento em linhas em área de cerradão, Assis, SP. In Vilas Boas, O.; Durigan, G. (Eds.) **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas e Letras, 2004, p. 409-418.
- EISERHARDT, W.L.; SVENNING, J.; KISSLING, W.D.; et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annal of Botany**, Oxford, v. 108, p. 1391–1416, 2011.
- EHLERINGER, J.R.; SANDQUIST, D.R. Ecophysiological constraints on plant responses in a restoration setting. In: Falk, D.A.; Palmer, M.; , J.B.(eds), **Foundations of Restoration Ecology**. New York: Island Press, p. 42–58, 2006.
- ELLIOTT, S.; NAVAKITBUMRUNG, L.; KUARAK, C.; et al. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performances. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 184, p. 177–191, 2003.
- ELSHEERY, N.I.; CAO, E.K.F. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 30. p. 769–777, 2008.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos** (3ª edição). Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 2013.
- ENGELBRECHT, B.M.J., COMITA, L.S., CONDIT, R., et al. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. **Nature**, London, v. 447, p. 80–82, 2007.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y. et al. (Eds.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008, p. 01–26.
- ENGEL, V. L. Restauração ecológica de florestas tropicais: aliando benefícios ecológicos, econômicos e sociais. **Revista Opiniões sobre o Setor de Celulose, Papel e Floresta**, Ribeirão Preto, v. maio, p.11, 2007.

ESCALONA, J.M., FLEXAS, J., MEDRANO, H. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 26, p. 421–433, 1999.

FANTINI, A. C.; GURIES, R. P. Forest structure and productivity of palmitero (*Euterpe edulis* Martius) in the Brazilian Mata Atlântica. **Forest and Ecology Management**, Amsterdam, v. 242, p. 185–194, 2007.

FIGUEIREDO, K.V.; OLIVEIRA, M.T.; ARRUDA, E.C.P.; et al. Changes in leaf epicuticular wax, gas exchange and biochemistry metabolism between *Jatropha mollissima* and *Jatropha curcas* under semi-arid conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v.37, p. 108, 2015.

FLEXAS J., ESCALONA J.M.; MEDRANO H. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 25, p. 893, 1998.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M.C.; et al. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. **Science**, Washington, v. 340, n. 6136, p. 1086–1090, 2013.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 753–767, 1995.

GATTI, M.G. **Ecofisiología de una palmera arbórea (*Euterpe edulis*) del Bosque Atlántico**: crecimiento, fotosíntesis, arquitectura hidráulica y resistencia a las bajas temperaturas. PhD Thesis. 2015. 162p. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2005.

GATTI, M. G; CAMPANELLO, P. I.; GOLDSTEIN, G. Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: light conditions versus developmental constraints. **Flora**, Jena, v. 206, p. 742–748, 2011.

GATTI, M.G.; CAMPANELLO, P.I.; VILLAGRA, M.; et al. Hydraulic architecture and photoinhibition influence spatial distribution of the arborescent palm *Euterpe edulis* in subtropical forests. **Tree Physiology**, Oxford, v. 34, n. 6, p. 30–639, 2014.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, Amsterdam, v. 990, n. 01, p. 87–92, 1989.

GOMES, F.P.; PRADO, C.H.B.A. Ecophysiology of coconut palm under water stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 19, n. 04, p. 377–391, 2007.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, Porto Alegre, 2011.

GRIMES, A.; LOOMIS, S.; JAHNIGE, P. et al. Valuing the rain forest: The economic value of non-timber forest products in Ecuador. **Ambio**, Dordrecht, v. 23, p. 405–410, 1994.

GROSSIORD, C.; GRANIER, A.; RATCLIFFE, S.; et al. Tree diversity does not always improve resistance of forest ecosystems to drought. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Kirkville, v. 111, p. 14812–14815, 2014.

GUO, Y.; TAN, J.A kinetic model structure for delayed fluorescence from plants. **Biosystems**, Shannon, v. 95, p. 98–103, 2009.

HARDWICK, S.R.; TOUMI, R.; PFEIFER, M.; et al. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 201, p. 187–195, 2015.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas**. Princeton, NJ: Princeton University Press. 1995. 352 p.

HETHERINGTON, A.M.; WOODWARD, F.I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, London, v. 424, p. 901–908, 2003.

HOBBS, R.J.; NORTON, D.A. Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: TEMPERTON, V.M.; HOBBS, R.J.; BUTTLE, T.; et al. (Eds.) **Assembly Rules and Restoration Ecology: Bridging the Gap between Theory and Practice**. Washington, DC: Island Press, p. 72–95, 2004.

HOJATI, M.; MODARRES-SANAVY, S.A.M.; KARIMI, M.; et al. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v.33, p.105–112, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revisada e ampliada. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 271 p.

IBRAHIM, M.H.; JAAFAR, H.Z.E.; HARUN, M.H.; et al. Changes in growth and photosynthetic patterns of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings exposed to short-term CO₂ enrichment in a closed top chamber. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 32, p. 305–313, 2010.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 385–394, 2002.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – ITTO. **Guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests**. ITTO Policy Development Series n. 13, International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan.84p., 2002.

ISODA, I. Effects of water stress on leaf temperature and chlorophyll fluorescence parameters in cotton and peanut. **Plant Production Science**, Sendai, v. 13, n. 03, p. 269–278, 2010.

JOHNSON, D. **Palms: Their Conservation and Sustained Utilization**. Island Press, Covelo, CA, 1996.

JONES, H.G. **Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology**. Second Edition. Cambridge University Press. 1992.

KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, v. 3, p. 157–164, 1992.

KITAJIMA, K. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. (Eds.). **Tropical forest plant ecophysiology**. New Yorw, NY: Chapman & Hall, p. 559–597, 1996.

KÖRNER, C. The use of „altitude“ in ecological research. **Trends in ecology & evolution**, Oxford, v. 22, n. 11, p. 569–574, 2007.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. **Botanical Review**, Nova Iorque, v. 68, p. 270 –334, 2002.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics, **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313–349, 1991.

KUTÍLEK, M.; NIELSEN, D.R. **How Water Flows in Soil**. In: Soil: The Skin of the Planet Earth. Authors: KUTÍLEK, M.; NIELSEN, D.R. Springer Netherlands, p. 119–135, 2015.

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

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer, 1998.

LAVINSKY, A.O.; GOMES, F.P.; MIELKE, M.S.; et al. Photosynthetic acclimation in shade-developed leaves of *Euterpe edulis* Mart (Arecaceae) after long-term exposure to high light. **Photosynthetica**, Prague, v. 52, n. 3, p. 351–357, 2014.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stresses**. Vol. I – Chilling, freezing and high temperature stresses. New York: Academic. 1980.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stresses**. Vol. II – Water, radiation, salt, and other stresses. New York: Academic. 1980.

LOREAU, M.; NAEEM, S.; INCHAUSTI, P.; et al. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. **Science**, Washington, v. 294(5543), p. 804–808, 2001.

LOBO, F.D.A.; BARROS, M.; DALMAGRO, H. et al. Fitting net photosynthetic light response curves with Microsoft Excel: a critical look at the models. **Photosynthetica**, Praga, v. 51, p. 445–456, 2013.

LUSK, C.H. Leaf area and growth of juvenile temperate evergreens in low light: species of contrasting shade tolerance change rank during ontogeny. **Functional Ecology**, Oxford, v. 18, p. 820–828, 2004.

MAGNAGO, L.F.S.; MARTINS, S.V.; VENZKE, T.S. et al. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para restauração florestal. In: Martins, S.V. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Editora UFV, Viçosa, p. 69-100. 2013.

MARQUES FILHO, A.O.; DALLAROSA, R.G.; PACHÊCO, V.B. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta – Reserva Biológica do Cuieiras – ZF2, Manaus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 4, p. 427–436, 2005.

MARTINEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneracion natural de las selvas altas perennifolias. In: GOMEZPOMPA, A.; AMO, S.R. (Eds.). **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas em Vera Cruz, México**. México: Editorial: Alhambra Mexicana, p.191–239, 1985.

MARTINS, F.R.; BATALHA, M.A. Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação p. 45-85. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; et al. ed. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. v. 01, Viçosa, Editora UFV. 2011. 556p.

MA, S.; DUAN, A.; WANG, A.; et al. Root-sourced signal and photosynthetic traits, dry matter accumulation and remobilization, and yield stability in winter wheat as affected by regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 148, p. 123–129, 2015.

MATOS, D.M.S.; BOVI, M.L.A. Understanding the threats to biological diversity in southeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Londres, v. 11, n. 10, p. 1747–1758, 2002.

MATOS, D.M.S.; FRECKLETON, R.P.; WATKINSON, A.R. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. **Ecology**, Washington, v. 80, n. 08, p. 2635–2650, 1999.

MATSUOKA, D.; YASUFUKU, T.; FURUYA, T.; et al. An abscisic acid inducible Arabidopsis MAPKKK, MAPKKK18 regulates leaf senescence via its kinase activity. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 87, p. 565–575, 2015.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 345, p. 659–668, 2000.

MELITO, M.O.; FARIA, J.C.; AMORIM, A.M.; et al. Demographic structure of a threatened palm (*Euterpe edulis* Mart.) in a fragmented landscape of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 28, p. 249–258, 2014.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, p. 15–19, 2006.

MOTT K.A., DENNE F., POWELL J. Interactions among stomata in response to perturbations in humidity. **Plant, Cell e Environment**, West Sussex v. 20, p. 1098–1107, 1997.

MUNNÉ-BOSCH, S.; ALEGRE, L. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 31, p. 203–216, 2004.

MURATA, N.; TAKAHASHI, S.; NISHIYAMA, Y. et al. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1767, p. 414–421, 2007.

NAKAZONO, E.M.; COSTA, M.C.; FUTATSUGE, K. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 24, p. 173–179, 2001.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, West Sussex, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972.

NOGUEIRA JUNIOR, L.R.; FISCH, S.T.V.; BALLESTERO, S.D. Influência da Umidade do Solo no Desenvolvimento Inicial de Plantas de Palmiteiro *Euterpe edulis* Mart. em Floresta Nativa. **Revista Biociências, Taubaté**, v. 9, n. 1, p. 7–13, 2003.

NOGUEIRA JUNIOR, L.R.; GONÇALVES, J.L.; ENGEL, V.L.; et al. Soil dynamics and carbon stocks 10 years after restoration of degraded land using Atlantic Forest tree species. **Forest Systems**, Madrid, v. 20, p. 536–545, 2011.

OLIVEIRA, R.M.; ENGEL, V.L.; OTA, L.M.S.; et al. (em preparação) Enriquecimento de áreas em processo de restauração com *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae): o déficit hídrico do solo como principal fator limitante ao seu estabelecimento inicial.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 1–7, 1997.

PETERSON, K.M.; RYCHEL, A.L.; TORII, K.U. Out of the mouths of plants: the molecular basis of the evolution and diversity of stomatal development. **Plant Cell**, Rockville, v. 22, p. 296–306, 2010.

RANJBARFORDOEI, A., VANDAMME, P., SAMSON, R. Some ecophysiological characteristics of artà (*Calligonum comosum* Hérít) in response to drought stress. **Forest Science and Practice**, Beijing v. 15, n.2, p. 114–120, 2013.

RAVEN, J. Selection pressures on stomatal evolution. **New Phytologist**, Oxford, v. 153, p. 371–386, 2002.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius Palmae. **Sellowia**, Itajaí, v. 49, p. 60–92, 2000.

REIS, M.S.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O.; et al. Distribuição geográfica e situação atual das populações na área de ocorrência de *Euterpe edulis* Martius. **Sellowia**, Itajaí, v. 49, p.324–335, 2000.

REIS, M.S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius - (Palmiteiro) **Biologia, Conservação e Manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000, 335 p.

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

ROBBINS II, N.E.; DINNENY, J.R. The divining root: moisture-driven responses of roots at the micro- and macro-scale. **Journal of Experimental Botany**, 2015.

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

ROELFSEMA M.R.G.; HANSTEIN S.; FELLE H.H.; et al. CO₂ provides an intermediate link in the red light response of guard cells. **Plant Journal**, West Sussex, v.32, p. 65–75, 2002.

ROELFSEMA, M.R.G.; HEDRICH, R. In the light of stomatal opening: new insights into „the Watergate“. **New Phytologist**, Oxford, v. 167, p. 665–691, 2005.

RUBAN, A.V.; JOHNSON, M.P.; DUFFY, C.D.P. The photoprotective molecular switch in the photosystem II antenna. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1817, p. 167–181, 2011.

SALM, R.; SALLES, N.V.; ALONSO, W.J.; et al. Cross-scale determinants of palm species distribution. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 01, p. 17–26, 2007.

SANTOS, M.L.S.; FRANÇA, S.; GOMES, F.P.; et al. Low light availability affects leaf gas exchange, growth and survival of *Euterpe edulis* seedlings transplanted into the understory of an anthropic tropical rainforest. **Southern Forests**, Grahamstown, v. 74, p. 167–174, 2012.

SCHACHTMAN, D.P.; GOODGER, J.Q.D. Chemical root to shoot signaling under drought. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 13, p. 281–287, 2008.

SCHAEFER, H.M.; SCHMIDT, V.; WESENBERG, J. Spatial distribution and caloric content of fleshy fruit production and standing crop in a tropical lowland forest. **Biotropica**, Hoboken, v. 34, p. 244–253, 2002.

SCHANSKER, G.; TÓTH, S.Z.; HOLZWARTH, A.R.; et al. Chlorophyll *a* fluorescence: beyond the limits of the QA model. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 120, p. 43–58, 2014.

SHACKELFORD, N.; HOBBS, R.J.; BURGAR, J.M.; et al. Primed for change: developing ecological restoration for the 21st Century. **Restoration Ecology**, Malden, v. 21, n. 3, p. 297–304, 2013.

SHARP, R.E.; LENOBLE, M.E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 366, p. 33–37, 2002.

SMART, R.E.; BINGHAM, G.E. Rapid estimates of relative water content. **Plant Physiology**, Rockville, v. 53, p. 258–260, 1974.

SPERRY, J.S.; HACKE, U.G. Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type. **Functional Ecology**, Oxford, v. 16, p. 367–378.

STERCK, F.J.; POORTER, L.; SCHIEVING, F. Leaf traits determine the growth–survival trade-off across rain forest tree species. **American Naturalist**, Chicago, v.167, p. 758–765, 2006.

SUDING, K.N.; GROSS, K.L. The dynamic nature of ecological systems: multiple states and restoration trajectories. In: FALK, D.A.; PALMER, M.A.; ZEDLER, J.B. (Eds). **Foundations of restoration ecology**. Washington: Island Press, 2006. p.190–209.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAKAHASHI, S.; MURATA, N. How do environmental stresses accelerate photoinhibition? **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 13, p. 178–82, 2008.

TEMPERTON, V.M.; HOBBS, R.J. The search for ecological assembly rules and its relevance to restoration ecology. In: Temperton, V.M.; Hobbs, R.J.; Buttle, T.; et al. (Eds.) **Assembly Rules and Restoration Ecology: Bridging the Gap between Theory and Practice**. Washington, DC: Island Press, p. 34–54, 2004.

TEMPERTON, V.M.; K. KIRR. Order of arrival and availability of safe sites: An example of their importance for plant community assembly in stressed ecosystems. In: Temperton, V.M.; Hobbs, R.J.; Buttle, T.; et al. (Eds.) **Assembly Rules and Restoration Ecology: Bridging the Gap between Theory and Practice**. Washington, DC: Island Press, p. 285–304, 2004.

TEMPERTON, V.M. The recent double paradigm shift in restoration ecology. **Restoration Ecology**, Malden, v. 15, p. 344–347, 2007.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, Oxon, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, p.104, 1955.

TOMLINSON, P.B. The uniqueness of palms. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 151, p. 5–14, 2006.

TONN, W.M.; J.J. MAGNUSON, M; RASK; et al.. Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. **American Naturalist**, Chicago, v. 136, n. 3. p. 345–375, 1990.

TREVISAN, A.C.D.; FANTINI, A.C.; SCHMITT, F.A.L.; et al. Market for Amazonian Açaí (*Euterpe oleraceae*) Stimulates Pulp Production from Atlantic Forest Juçara Berries (*Euterpe edulis*). **Agroecology and Sustainable Food Systems**, New York, just-accepted, 2015.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 58, p. 293–338, 1997.

URBANSKA, K.M. Safe sites – interface of plant population ecology and restoration ecology. In: Urbanska, K.M; Webb, N.R.; Edwards, P.J. (Eds.). **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge University Press: Cambridge, p. 81–110, 1997.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 39, p. 237–257, 2008.

VAN ANDEL, T.R.; MACKINVEN, A.; BÁNKI, O.S. **Commercial Non-Timber Forest Products of the Guiana Shield: An Inventory of Commercial NTFP Extraction and Possibilities for Sustainable Harvesting**. Netherlands Committee for IUCN, Amsterdam, 2003.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.47, p.892-898, 1980.

VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests. **Restoration Ecology**, Malden, v. 14, p. 11-20, 2006.

WERNER, C.; CORREIA, O.; BEYSCHLAG, W. Characteristic patterns of chronic and dynamic photoinhibition of different functional groups in a Mediterranean ecosystem. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 29, p. 999–1011, 2002.

WHISENANT, S.G. **Repairing Damaged Wildlands: A Process-Orientated, Landscape- Scale Approach**. Cambridge: Cambridge University Press. 1999.

WOODWARD, F.I.; DIAMENT, A.D. Functional approaches to predicting the ecological effects of global change. **Functional Ecology**, Oxford, v. 5 p. 202-212, 1991.

WU, X.; BAO, W. Leaf growth, gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in response to different water deficits in wheat cultivars. **Plant Production Science**, Sendai, v. 14, p. 254–259, 2011.

YANG, S.L.; CHEN, K.; WANG, S.S.; GONG, M. Osmoregulation as a key factor in drought hardening-induced drought tolerance in *Jatropha curcas*. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v.59, p.1–8, 2015.

YOUNG, T.P.; CHASE, J.M.; HUDDLESTON, R.T. Community succession and assembly. **Ecological Restoration**, Madison, v. 19, n. 01, p. 5–18, 2001.

ANEXO. Famílias e nomes das espécies componentes dos modelos de restauração.

Família	Nome científico	Nome popular	Modelos de restauração
Fabaceae	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	sansão-do-campo	SAF
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	angico-branco	SAF
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafistula	SAF
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	monjoleiro	SAF, PAD
Lamiaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	tamanqueira	SAF, PAD
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	bracatinga	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	pau- jacaré	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	tamboril	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Pterogynenitens</i> Tul.	amendoim-bravo	SAF, PAD
Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureauex Verl.	ipê-felpudo	SAF, PAD
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	peroba-rosa	SAF, PAD
Apocynaceae	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. Arg.	guatambú	SAF, PAD
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	SAF, PAD
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro-do-brejo	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	copaíba	SAF, PAD
Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	garantã	SAF, PAD
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	SAF, PAD
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito-juçara	SAF, PAD
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba	PAD
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	PAD
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	pau-d'álho	PAD
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	aroeira-pimenteira	PAD
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	pau-viola	PAD
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	PAD
Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	jacarandá-bico-de-pato	PAD
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira	PAD
Moraceae	<i>Ficus guaranítica</i> Chodat	figueira-branca	PAD
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	PAD
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	PAD
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	PAD
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	PAD
Sapindaceae	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	maria-preta	PAD
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	cumarú	PAD
Fabaceae	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	olho-de-cabra	PAD

Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho	PAD
Fabaceae	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	coração-de-negro	PAD
Fabaceae	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. Ex Benth.	araribá	PAD
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. Ex Niederl.	chal-chal	PAD
Boraginaceae	<i>Cordia superba</i> Cham.	baba-de-boi	PAD
Rutaceae	<i>Esenbeckia febrifuga</i> (A.St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.	laranja-do-mato	PAD
Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	uvaia	PAD
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	PAD
Areaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	PAD

Nomes científicos atualizados segundo a Lista de Espécies da Flora do Brasil – JBRJ, 2015.