

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

JOÃO VÍTOR GARCIA SILVA

ADUBAÇÃO COM NPK PARA O
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Allagoptera*
arenaria (Gomes) O. Kuntze E ANÁLISE DA
FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA *a*
DE *Inga laurina* (sw) E *Psidium catleyanum* Sabine
EXPOSTAS A LUZ SOLAR.

São Mateus – ES

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

**ADUBAÇÃO COM NPK PARA O
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Allagoptera
arenaria* (Gomes) O. Kuntze E ANÁLISE DA
FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA *a*
DE *Inga laurina* (sw) E *Psidium catleyanum* Sabine
EXPOSTAS A LUZ SOLAR.**

JOÃO VÍTOR GARCIA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória

São Mateus – ES

Setembro de 2021

S586a Silva, João Vítor Garcia, 1996-
ADUBAÇÃO COM NPK PARA O DESENVOLVIMENTO
DE MUDAS DE *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze E
ANÁLISE DA FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA
CLOROFILA a DE *Inga laurina* (sw) E *Psidium catleyanum*
Sabine EXPOSTAS A LUZ SOLAR. / João Vítor Garcia Silva.
2021.
52 f.

Orientador: Edney Leandro da Vitória.

Coorientadores: Adriano Alves Fernandes, Antelmo Ralph
Falqueto.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito
Santo.

1. Restinga. 2. Guriri. 3. Nutrição mineral. 4. Poda. 5. Adubação
de plantio. I. Vitória, Edney Leandro da. II. Fernandes, Adriano
Alves. III. Falqueto, Antelmo Ralph. IV. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V.
Título.

CDU: 63

JOÃO VITOR GARCIA SILVA

**ADUBAÇÃO COM NPK PARA O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS
DE *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze E ANÁLISE DA
FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA a DE *Inga laurina*
(sw) E *Psidium catleyanum* Sabine EXPOSTAS A LUZ SOLAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 17 de setembro de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA

Edney Vitória

Prof. Dr. Edney Leandro da vitória
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Adriano Alves Fernandes

Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo

Verônica D'Addazio

Prof.^a Dr.^a Verônica D'Addazio Pinheiro
Universidade Federal do Espírito Santo

Leila Beatriz Silva Cruz

Prof.^a Dr.^a Leila Beatriz Silva Cruz
Petrobrás





Capa de Aprovação_João Vitor

Data e Hora de Criação: 14/10/2022 às 08:08:32

Documentos que originaram esse envelope:

- Capa de Aprovação_João Vitor.doc (Documento Microsoft Word) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: dddfcf2a8cf4cbface968ecddd52a23e64f957974aa501005d05a00c782a45e3

[SHA512]: 5ebb128fe5b1377cb4d8100a365ba3fefe0b48f62ad66f527629046a148f83a44eb58d1b78b733fb742493454012ddc3863dcf7f616bf5d51924e93d9ba8f50d

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Edney Leandro Da Vitoria (edney.vitoria@ufes.br)

Data/Hora: 14/10/2022 - 08:21:01, IP: 200.137.72.162, Geolocalização: [-18.681439, -39.868188]

[SHA256]: a38999ce56d8df513bd6478e3beea9a875e324014cf1162d3ac4528f4ca4d94f



ASSINADO - Adriano Alves Fernandes (adriano.fernandes@ufes.br)

Data/Hora: 15/10/2022 - 19:15:54, IP: 189.91.151.156, Geolocalização: [-18.711448, -39.827031]

[SHA256]: 288e69be2b745e1247eae8a2444ecbc74c1bd2e668cd635109d18b197ec27739



ASSINADO - Verônica D'Addazio Pinheiro (veronicadaddazio@yahoo.com)

Data/Hora: 17/10/2022 - 08:25:47, IP: 200.137.72.163

[SHA256]: 788f8b9fb15d43a87d25fa3ce16e4647b8aaaad37eb80af03b4794a460dd2959



ASSINADO - Leila Beatriz Silva (leilacruz@petrobras.com.br)

Data/Hora: 20/10/2022 - 18:44:33, IP: 164.85.87.120, Geolocalização: [-19.761719, -47.929788]

[SHA256]: b7c83fa769ae4e8050ac761c54de00f42f749127f5b802afbed865d8d670c0ba

Histórico de eventos registrados neste envelope

20/10/2022 18:44:34 - Envelope finalizado por leilacruz@petrobras.com.br, IP 164.85.87.120

20/10/2022 18:44:33 - Assinatura realizada por leilacruz@petrobras.com.br, IP 164.85.87.120

20/10/2022 18:43:43 - Envelope visualizado por leilacruz@petrobras.com.br, IP 164.85.87.120

17/10/2022 08:25:47 - Assinatura realizada por veronicadaddazio@yahoo.com, IP 200.137.72.163

17/10/2022 08:25:04 - Envelope visualizado por veronicadaddazio@yahoo.com, IP 200.137.72.163

15/10/2022 19:15:54 - Assinatura realizada por adriano.fernandes@ufes.br, IP 189.91.151.156

15/10/2022 19:07:57 - Envelope visualizado por adriano.fernandes@ufes.br, IP 189.91.151.156

14/10/2022 08:21:01 - Assinatura realizada por edney.vitoria@ufes.br, IP 200.137.72.162

14/10/2022 08:20:35 - Envelope visualizado por edney.vitoria@ufes.br, IP 200.137.72.162

14/10/2022 08:14:17 - Envelope registrado na Blockchain por kleisyane.paula@ufes.br, IP 200.137.72.162

14/10/2022 08:14:16 - Envelope encaminhado para assinaturas por kleisyane.paula@ufes.br, IP 200.137.72.162

14/10/2022 08:08:35 - Envelope criado por kleisyane.paula@ufes.br, IP 200.137.72.162

“SILÊNCIO, BRUNO!”

Luca. Pixar Animation Studios; Walt Disney Pictures: Enrico Casarosa. 2021.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis em parceria com Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) – Petrobras, pelo apoio técnico e financeiro

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fornecimento da bolsa de estudo.

Aos meus orientadores e coorientadores, Edney Leandro da Vitória, Adriano Alves Fernandes e Antelmo Ralph Falqueto, pela paciência, ensinamentos, orientações, dedicação e amizade. Agradeço por terem confiado na minha capacidade e por me guiarem na trajetória acadêmica.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, por partilharem seus conhecimentos.

Aos meus pais, Sonia e Sebastião, por todo apoio, carinho, dedicação, educação e amor que me proporcionaram. Agradeço por sempre me incentivarem nos estudos.

A minha irmã, Emanuelle, pelo incentivo, amor, carinho, companheirismo e por sempre acreditar no meu potencial. Mesmo separados pela distância nunca se fez ausente. “*No matter what*” e “*no matter where*”.

As minhas amigas, Adriele dos Santos Jardim e Lana Lirio Longue, que estiveram comigo em todo o processo acadêmico e em todos os projetos e pesquisas. Agradeço pelo apoio, companheirismo e cada momento que passamos juntos fora e dentro da universidade.

Aos meus amigos, Amanda Monteiro Cerutti, Alécio Gaigher, Ana Paula Braido Pinheiro, André Lucas Reboli Pagoto, André Luis Ribeiro Azeredo, Bianca de Barros, Franciele Rossini, José Eduardo Matos Santos, Laís Fontana, Murilo Soares Costa, Rayane Rosa, Renata Ahnert, Stéphane J. Santos Sousa, Verônica D’Addazio, Vinicius de Souza Oliveira, por me auxiliarem, pelas conversas, pela amizade e pelos momentos de descontrações.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para esta conquista.

Sumário

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. CAPÍTULOS	1
1.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) O. Kuntze ADUBADAS COM NPK	2
Resumo	2
Abstract.....	3
1.1.1 Introdução.....	4
1.1.2 Material e Métodos	6
1.1.3 Resultados.....	9
1.1.4 Discussão	12
1.1.5 Conclusão.....	17
Referências	17
1.2 EFEITO DA ADUBAÇÃO COM NPK SOBRE A FISILOGIA DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA EXPOSTAS A LUZ SOLAR APÓS UM MANEJO FLORESTAL DE PODA.	24
Resumo	24
Abstract.....	25
1.2.1 Introdução.....	26
1.2.2 Material e Métodos	28
1.2.3 Resultados.....	31
1.2.4 Discussão	36
1.2.5 Conclusão.....	39
Referências	39

RESUMO

SILVA, João Vítor Garcia; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Setembro de 2021; **ADUBAÇÃO COM NPK PARA O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze E ANÁLISE DA FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA *a* DE *Inga laurina* (sw) E *Psidium catleyanum* Sabine EXPOSTAS A LUZ SOLAR.**; Orientador: Edney Leandro da Vitória, Coorientadores: Adriano Alves Fernandes e Antelmo Ralph Falqueto.

As espécies da Mata Atlântica exercem importantes funções ecológicas e podem ajudar no manejo de recuperação de áreas degradadas. Essas áreas, geralmente, são caracterizadas por serem compactadas, baixa fertilidade nos horizontes iniciais que dificultam ou inibem o desenvolvimento de algumas espécies. A fim de auxiliar os projetos de recuperação de áreas degradadas, são necessários estudos que possam fornecer as informações necessárias para o sucesso do projeto. Nesse contexto, foram desenvolvidos dois experimentos. O primeiro experimento foi realizado com a espécie *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze, uma espécie nativa que é considerada facilitadora, com o objetivo de avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas da espécie em função de diferentes doses de NPK 20-00-20 em cobertura. As melhores mudas foram obtidas quando se alcançou o maior desenvolvimento do sistema radicular, na dose de adubação 21,55 g dm⁻³ do NPK. Essa dose forneceu eficiências de absorção relativas de 93,81% para o N e 93,56% para o K. O segundo experimento foi realizado com as espécies não pioneiras *Inga laurina* e *Psidium cattleyanum*. A hipótese é que os nutrientes NPK auxiliam melhorando os parâmetros fotossintéticos das plantas atenuando a fotoinibição a luz intensa em espécies tropicais. As espécies *Inga laurina* e *Psidium cattleyanum* diferiram entre si na resposta à luz. A adubação com NPK atenuou os efeitos da fotoinibição.

Palavras-chave: Nutrição mineral; Adubação; Fisiologia vegetal; Restinga; Fluorescência da clorofila *a*; Abertura de clareira;

ABSTRACT

SILVA, João Vítor Garcia; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; September 2021; **FERTILIZED WITH NPK FOR THE DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze**; Advisor: Edney Leandro da Vitória, Co-advisors: Adriano Alves Fernandes and Antelmo Ralph Falqueto.

The Atlantic Forest species have ecological functions and can help in the management of the recovery of degraded areas. These areas, generally, are characterized by being compacted, low fertility in the initial horizons that hinder or inhibit the development of some species. In order to assist degraded areas recovery projects, studies are needed that can provide the information necessary for the project's success. In this context, two experiments were developed. The first experiment was performed with a native species considered a facilitator, *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze, in order to evaluate the initial growth and quality of seedlings of the species as a function of different doses of NPK 20-00 -20 in coverage. The best seedlings were obtained when the greatest development of the root system was achieved, at the fertilization rate of 21.55 g dm⁻³ of NPK. This dose provided relative absorption efficiencies of 93.81% for N and 93.56% for K. The second experiment was performed with non-pioneer species *Inga laurina* and *Psidium cattleianum*. The hypothesis is that NPK nutrients support the photosynthetic parameters of plants, attenuating intense light photoinhibition in tropical species. The two species differed from each other in response to light. NPK fertilization attenuated the effects of photoinhibition.

Keywords: Mineral nutrition; Fertilizing; Plant physiology; Restinga; Chlorophyll a fluorescence; Clearing opening;

1. CAPÍTULOS

1.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze ADUBADAS COM NPK

Resumo

A *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze é considerada uma espécie facilitadora, pois resulta em um microambiente para o estabelecimento de outras espécies na restinga e também tem uma importância ecológica/ambiental na recuperação de áreas degradadas. Diante da necessidade de informações sobre a resposta da espécie à adubação, objetivou-se avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de *A. arenaria* (Gomes) O. Kuntze em função de diferentes doses de NPK em cobertura. O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação. Os tratamentos corresponderam às adubações de cobertura com NPK 20-00-20 mais micronutrientes (micrototal®) nas quantidades de: T0 = 0; T1 = 10; T2 = 20; T3 = 30; T4 = 40 e T5 = 50 g dm⁻³. As adubações foram parceladas ao longo de 7 meses. Após 30 dias da última adubação, realizaram-se as avaliações e os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), análise de regressão e demais interpretações. Não houve influência dos tratamentos nas variáveis de crescimento. As melhores mudas foram obtidas quando se alcançou o maior desenvolvimento do sistema radicular, na

dose de adubação 21,55 g dm⁻³ de NPK. Essa dose resultou em eficiência de absorção relativa de 93,81% para o N e 93,56% para o K. O armazenamento de água na raiz foi 18,9% superior à parte aérea, sugerindo ocorrência de estruturas de armazenamento de água no sistema radicular.

Palavras-chave: Guriri; Recuperação de áreas degradadas; Nutrição mineral.

Abstract

The *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze is considered a facilitator species, as it results in a microenvironment for the establishment of other species in the restinga and also has an ecological/environmental importance in the recovery of degraded areas. Given the need for information on the response of the species to fertilization, the aim of this study was to evaluate the initial growth and quality of *A. arenaria* (Gomes) O. Kuntze seedlings as a function of different doses of NPK in coverage. The experiment was carried out in a greenhouse. The treatments corresponded to top dressing with NPK 20-00-20 plus micronutrients (micrototal®) in the amounts of: T0 = 0; T1 = 10; T2 = 20; T3 = 30; T4 = 40 and T5 = 50 g dm⁻³. Fertilization was split over 7 months. Thirty days after the last fertilization, the evaluations were carried out and the data were submitted to the analysis of variance by the F test ($p < 0.05$), regression analysis and other interpretations. There was no influence of treatments on growth variables. The best seedlings were obtained when the greatest development of the root system was achieved, at the fertilization rate of 21.55 g dm⁻³ of NPK. This dose resulted in a relative absorption efficiency of 93.81% for N and 93.56% for K. Root water storage was 18.9% higher than above shoot, suggesting the occurrence of water storage structures in the root system.

Keywords: Guriri; Recovery of degraded areas; Mineral nutrition.

1.1.1 Introdução

Allagoptera arenaria (Gomes) O. Kuntze pertence à família Arecaceae, popularmente chamada de guriri, guriri-da-praia, coco-da-praia entre outros nomes. Ela é considerada endêmica da restinga, chegando aos 2,5m de altura, 10 cm de diâmetro de caule e mantendo em sua estrutura de 6 a 10 folhas (REIS, 2006). O guriri é considerado uma espécie facilitadora que, pelo acúmulo de biomassa em torno de sua touceira, ocasionado pelas trocas de folhas, fornece um microambiente para o estabelecimento de outras espécies (MENEZES e ARAUJO, 2000).

A espécie pode ser empregada para fins ornamentais, artesanais e alimentícios devido ao uso dos frutos e folhas, o que confere a essa espécie uma importância social e culinária (OLIVEIRA et al., 2017). O guriri também desempenha relevante função ecológica/ambiental, pois possui uma certa resistência ao fogo, que muito provavelmente está ligada à sua forma de desenvolvimento no ambiente, como a capacidade de disseminação, germinação e seu crescimento rizomatoso, o que faz dessa espécie uma alternativa nos estudos de recuperação de áreas da restinga (ALMEIDA e ARAUJO, 1997).

Estudos com as sementes e mudas da família Arecaceae são escassos (MAZZOTTINI-DOS-SANTOS et al., 2017). A falta de conhecimento específico e a dificuldade em conseguir sementes na natureza são motivos para a ausência de comercialização de algumas espécies nativas (OLIVEIRA et al., 2016). A família Arecaceae apresenta uma ineficiente taxa de germinação ou pouca produção de sementes viáveis, a depender da espécie, o que contribui também para a escassez de mudas no mercado (REE e GUERRA, 2015). O guriri possui características adaptadas para o ambiente de restinga, que o qualificam para a restauração ecológica, sendo classificada como pioneira (BARBOSA et al., 2017). Em virtude de uma demanda por produtos e serviços que vêm crescendo nos últimos anos, há a necessidade de se investir em pesquisas, principalmente na produção de mudas de qualidade e de baixo custo para a recuperação de áreas degradadas (KRATKA e CORREIA, 2015).

A baixa qualidade de mudas pode advir de problemas na irrigação e/ou nutrição das mudas em sua fase de formação em viveiros (THEBALDI et al 2016). Outro obstáculo também enfrentado na recuperação da restinga é o fornecimento de água no campo até o pegamento das mudas. Assim, o conhecimento básico sobre o

uso eficiente da água em função da adaptação a ambientes inóspitos auxilia nos avanços para preservação das espécies e conseqüentemente do meio ambiente.

Avanços tecnológicos nos sistemas de produção estão sendo testados para facilitar e otimizar o tempo de preparo das mudas para algumas espécies. Dentre esses, são relacionados a eficiência de sistemas de irrigação (THEBALDI et al., 2016), uso de telas coloridas para sombreamento (HENRIQUE et al., 2011; SILVA et al., 2020; RECH et al., 2019), fontes de adubos, formulação de adubos de liberação lenta e adubação em cobertura (AGUILAR et al., 2020; ALMEIDA et al., 2019; BEZERRA et al., 2020; VIEIRA et al., 2020).

Os estudos da nutrição mineral podem auxiliar no crescimento e desenvolvimento de espécies nativas, porém a maioria deles se limita ao uso somente de NPK, desconsiderando os micronutrientes. Eles são aplicados em pequenas quantidades, mas desempenham papel importante na conclusão do ciclo de vida das plantas, por isso a sua disponibilidade é essencial para a nutrição (JATAV et al., 2020). O uso correto da prática da adubação contribui com o aumento da produtividade, qualidade e o estabelecimento dos plantios florestais (CAMPOS et al., 2014). Contudo, existe o desafio de fornecer os nutrientes adequados às plantas, pois cada espécie e fase de desenvolvimento demanda quantidades e proporções diferentes (RODRIGUES et al., 2019). Os nutrientes podem ser manipulados diretamente, pela aplicação de fertilizantes, ou indiretamente, por meio de práticas culturais como a calagem e o ajuste de pH, entre outras (ZAMBOLIM E VENTURA, 2012). O uso de fertilizantes nitrogenados é associado constantemente ao crescimento vegetativo (CRUZ, PAIVA e GUERRERO, 2006; NUNES et al., 2016). O adubo fosfatado é, de maneira geral, utilizado apenas na adubação de plantio, pois promove o desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 2006), enquanto os potássicos exercem papel fundamental na qualidade das plantas (D'AVILA et al., 2011).

Veloso et al., (2015) relataram que a cultura do açaí, também membro da família Arecaceae, foi avaliada com diferentes tipos de adubações na fase de desenvolvimento inicial, sendo que os tratamentos com NPK confirmaram sua importância para o cultivo do açaizeiro. Outros estudos com nutrição mineral em espécies de palmeira com finalidade econômica vêm sendo descritos na literatura, como a palmeira *Bactris gasipaes* Kunth, *Cocos nucifera* L., e *Euterpe oleracea* Mart popularmente conhecidas como palmito-pupunha, coco anão e açaí, respectivamente (BEZERRA et al. 2018; TEIXEIRA et al. 2005; YUYAMA et al. 2005) Entretanto, pouca

atenção tem sido dada às espécies nativas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas.

A produção (avaliação) de mudas florestais pode ser realizada em diversos recipientes, tais como sacos plásticos, tubetes, vasos entre outros, considerando que possuam um volume de substrato adequado que permita o desenvolvimento da planta até o transplântio. As mudas de guriri apresentam boa adaptação ao ambiente de vaso, porém, como característica típica da espécie, possuem desenvolvimento muito lento (FREIRE e MUSSI, 2019), sendo o uso da adubação uma alternativa para a melhoria desse processo. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de *A. arenaria* (Gomes) O. Kuntze em função de diferentes doses de NPK 20-00-20 em cobertura.

1.1.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2018 e maio de 2019, em casa-de-vegetação com tela sombrite® de 30% de sombreamento. A região apresenta latitude de 18°40'32" S, longitude de 39°51'39" W, altitude de 37,7m acima do nível do mar. A classificação climática, segundo Köppen, é tropical com inverno seco, temperaturas médias de 25 a 30 °C no verão e de 19 a 21 °C no inverno, com precipitação anual média entre 1000 mm e 1400 mm. (ALVARES et al., 2013).

As mudas de guriri (*A. arenaria*) foram obtidas em um viveiro credenciado no RENASEM, na região de São Mateus – ES (com idade de 8 meses, contendo de 3 a 4 folhas e altura média de 3 cm, medida a partir do coleto. Em outubro de 2018 foram transplantadas para vasos de 5 dm³. O substrato utilizado foi a mistura de areia branca, argila e fibra de coco na proporção de 2:2:1. Mediante a análise química do substrato procedeu-se a correção da acidez com 1 g dm⁻³ de calcário dolomítico. A adubação de plantio foi realizada seguindo o manual de Prezotti et al. (2007), aplicando 20g de P₂O₅ por planta, conforme recomendação para a cultura do palmito pupunha.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi composta por 3 plantas totalizando 72 plantas. Os tratamentos corresponderam às adubações de cobertura com NPK 20-00-20 com micronutriente (Micro Total®), nas quantidades de: T0 = 0; T1 = 10; T2 = 20; T3 = 30; T4 = 40 e T5 = 50 g dm⁻³. Essas adubações foram parceladas mensalmente ao longo

de sete meses e adaptadas da recomendação para a cultura do palmito pupunha (PREZOTTI et al., 2007). As quatro primeiras foram iguais, recebendo cada uma 10% da dose total. As demais receberam cada uma 20% da dose total (Tabela 1). O adubo NPK (micrototal®) foi aplicado superficialmente nos vasos, seguidos de irrigação. As mudas foram mantidas sob irrigação automática por aspersão, sendo irrigadas quatro vezes ao dia, nos horários: 7:00, 9:00, 13:00 e 16:00 horas por 15 min, totalizando uma precipitação média de 8 mm d⁻¹. Semanalmente, foi realizado controle de plantas daninhas.

Tabela 1: Quantidade de adubo NPK 20-00-20 (micrototal®) (g dm⁻³), aplicado mensalmente, em cobertura, no cultivo de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze produzida em vaso.

Tratamento	Mês							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Quantidade de NPK (g dm ⁻³)								
T0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	1	1	1	1	2	2	2	10
T2	2	2	2	2	4	4	4	20
T3	3	3	3	3	6	6	6	30
T4	4	4	4	4	8	8	8	40
T5	5	5	5	5	10	10	10	50

Após 30 dias da última adubação, as seguintes variáveis foram avaliadas: altura da planta em cm (H), medida a partir do coleto da planta até a altura da inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada; número de folhas em unidades (NF); diâmetro do caule em mm (DC), medido a 1 cm do solo com auxílio de um paquímetro digital; massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em g, obtidas por medição direta utilizando balança analítica com precisão de 0,001g e volume de raiz em cm³ (VR), obtido pela variação do volume de água em uma proveta de 1L após a adição das raízes. Para a obtenção da massa seca as amostras foram colocadas em papel Kraft, devidamente etiquetadas e levadas para secagem em estufa de

circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante. Calcularam-se os índices RAD (relação entre altura e o diâmetro do coleto), RPAR (relação entre a massa seca da parte aérea e a da raiz) e índice de qualidade de Dickson, conforme a equação 1 (DICKSON et al., 1960).

$$\text{Equação 1: IQD} = \frac{\text{MST}}{\frac{\text{H} \cdot \text{MSPA}}{\text{DC}} + \text{MSR}}$$

Onde:

IQD: Índice de qualidade de Dickson;

H: altura da planta (cm);

DC: Diâmetro de caule (mm);

MST: Massa seca total (g);

MSPA: Massa seca da parte aérea (g);

MSR: Massa seca de raiz (g).

A partir da análise química dos nutrientes, foram efetuados os cálculos referentes ao conteúdo de nutrientes: nitrogênio na parte aérea (CNPA) e na raiz (CNR) e potássio na parte aérea (CKPA) e na raiz (CKR) (Equação 2), além da eficiência de absorção (EA) (Equação 3) e da eficiência de utilização (EU) (Equação 4), conforme a seguir:

$$\text{Equação 2: CN} = \frac{\text{MSPE} \cdot \text{CNPPE}}{1000}$$

Onde:

CN: Conteúdo de nutriente (mg planta⁻¹)

MSPE: Massa seca da parte em estudo (kg planta⁻¹);

CNPPE: Conteúdo do nutriente na planta da parte em estudo (g kg⁻¹).

$$\text{Equação 3: EA} = \frac{\text{CNP}}{\text{MSR}}$$

(SWIADER et al., 1994)

Onde:

EA: Eficiência de absorção (mg g⁻¹);

CNP: Conteúdo do nutriente na planta (mg planta⁻¹);

MSR: Massa seca da raiz (g planta⁻¹).

$$\text{Equação 4: EU} = \frac{(\text{MST})^2}{\text{CNP}}$$

(SIDDIQI e GLASS, 1981)

Onde:

EU: Eficiência de utilização ($\text{g}^2 \text{mg}^{-1}$)

MST: Massa seca total (g planta^{-1});

CNP: Conteúdo do nutriente na planta (mg planta^{-1}).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e aqueles que apresentaram diferença significativa foram submetidos à análise de regressão. O ajuste da equação foi aceito nas variáveis que obtiveram R^2 maior que 50%. Os pontos de máxima e mínima foram definidos pela derivada primária e secundária da regressão. As análises foram realizadas no *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2019) com auxílio do pacote 'ExpDes.pt' (FERREIRA et al., 2017).

1.1.3 Resultados

As variáveis altura de planta e número de folhas apresentaram resultados significativos, porém sem ajuste de modelos, considerando o valor de R^2 maior que 50%. A altura média de planta e número de folhas foram respectivamente 5,47 cm e 7,59 folhas (Tabela 2). O diâmetro do caule não apresentou diferença significativa, mostrando-se inalterado pelo uso do adubo em cobertura, com média de 11,60 mm (Tabela 2). Os coeficientes de variação da H, NF e DC foram classificados como médio, conforme Fonseca e Martins (2011).

As variáveis MFPA, MSPA, CNPA, EU-N, EU-K, MFR, CNR, CKR, EA-N, EA-K e VR apresentaram diferenças significativas.

Tabela 2: Média de Altura de planta (H), Número de folhas (NF), Diâmetro de coleto (DC) de mudas de guriri, em função de doses de NPK aos 16 meses após a semeadura.

NPK (g dm^{-3})	H (cm)	NF	DC (mm)
0	5,57	8,81	13,48
10	7,03	7,58	12,46
20	4,85	8,08	10,29
30	5,55	7,50	11,20
40	5,05	7,17	11,83
50	4,76	6,42	10,33
Média	5,47	7,59	11,60
CV (%)	17,38	10,86	15,88

*As médias de H e NF foram significativamente diferentes pelo teste F ($p < 0,05$), mas não obtiveram ajustes para regressão nos modelos lineares e quadráticos.

Aplicando-se a análise de regressão foi possível ajustar a equação quadrática para as variáveis MFPA, MSPA, CNPA e EU-K em função das doses de NPK (Figura 1). A máxima produção de massa fresca e massa seca foram de 42,61 e 11,62 g, estimadas nas doses de 23,71 e 21,46 g dm⁻³, respectivamente. Para o CNPA foi observado o ponto de máxima de 274,80 mg planta⁻¹ na dose de 24,19 g dm⁻³. Não houve diferença significativa para o CKPA, apresentando uma média de 122,43 mg planta⁻¹. Para a EU-N e EU-K foram ajustados os modelos de regressão linear e quadrático, respectivamente, sendo observado para este último o ponto de mínima em 0,74 g mg⁻¹ na dose de 40,14 g dm⁻³.

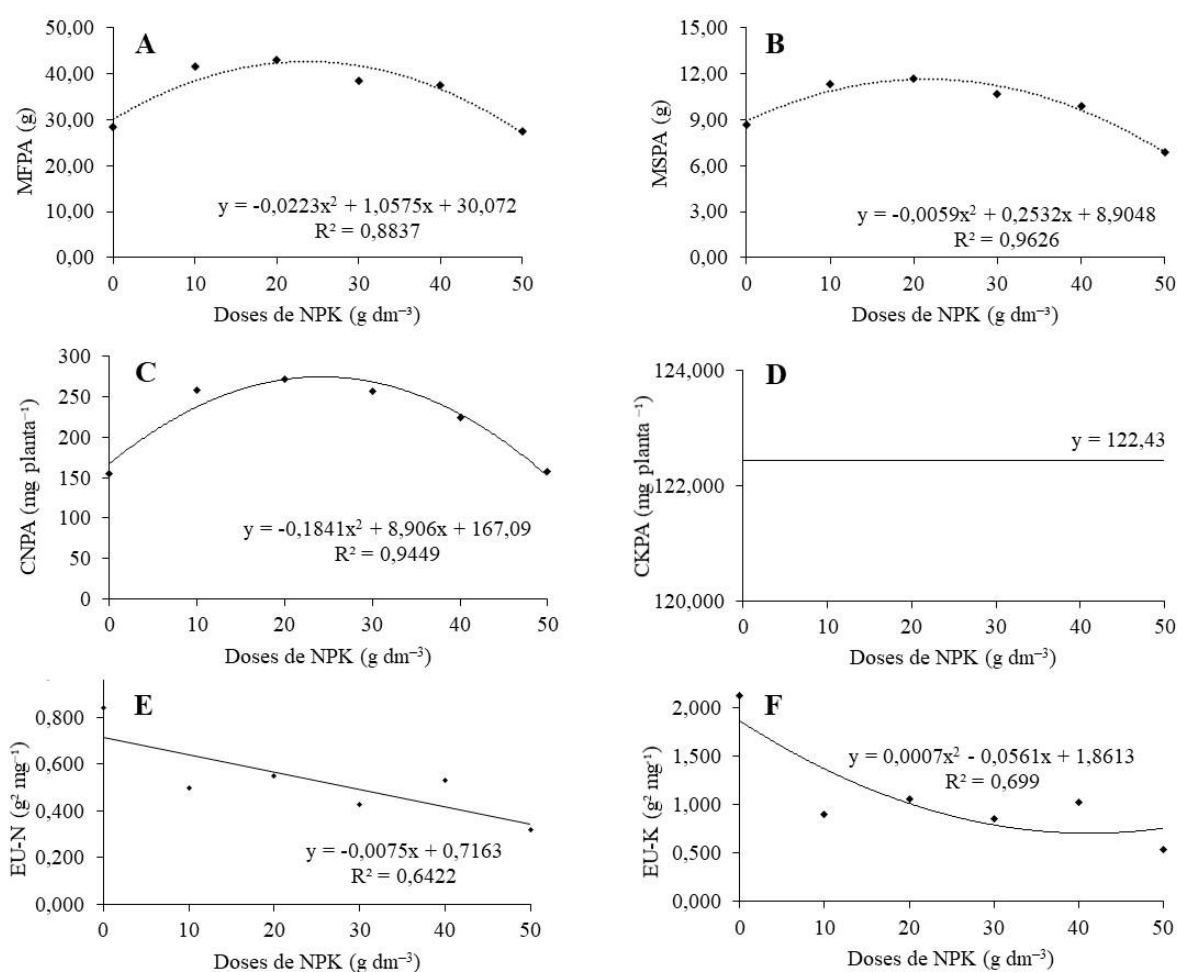


Figura 1: A - Massa fresca de parte aérea (MFPA); B - Massa seca de parte aérea (MSPA); C - Conteúdo de nitrogênio na parte aérea (CNPA); D - Conteúdo de potássio na parte aérea (CKPA); E - eficiência de utilização do nitrogênio (EU-N); e F - eficiência de utilização do potássio (EU-K) em função de doses de NPK em mudas de guriri aos 16 meses após a semeadura.

Para MFR foi ajustado o modelo quadrático, para o qual estimou-se o ponto de máxima produção em 87,26 g na dose 21,55 g dm⁻³ de NPK (Figura 2A). Não

houve diferença significativa para a MSR, sendo a média calculada de 11,98 g (Figura 2B). Para o CNR e o CKR também foi ajustado o modelo quadrático, com pontos de máxima em 331,65 e 192,71 mg por planta, nas doses de 22,51 e 25,41g dm^{-3} , respectivamente (Figuras 2C E 2D).

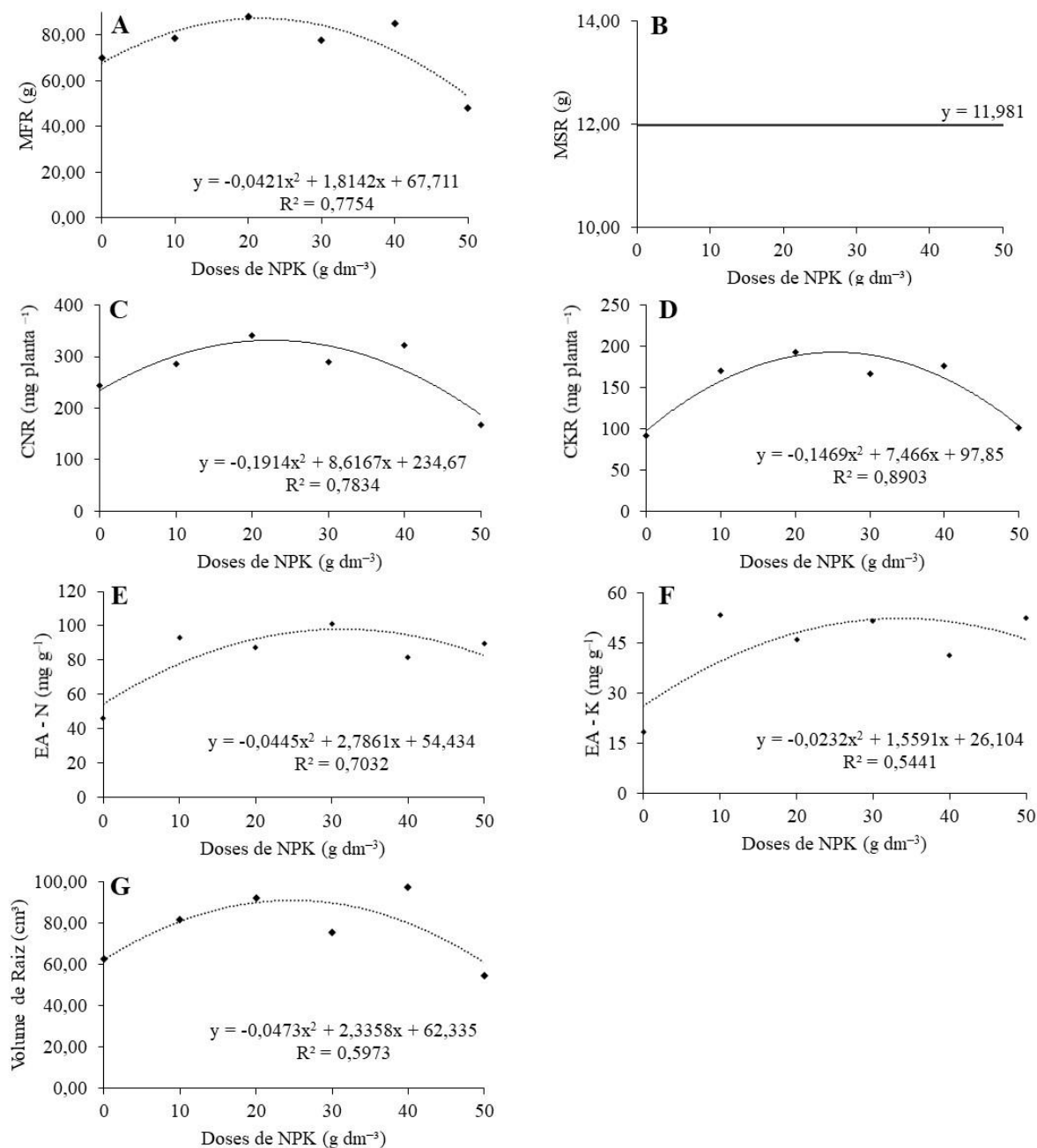


Figura 2: A - Massa fresca de raiz (MFR); B - Massa seca de raiz (MSR); C - Conteúdo de nitrogênio na raiz (CNR); D - conteúdo de potássio na raiz (CKR); E - eficiência de absorção do nitrogênio (EA-N); F - eficiência de absorção do potássio (EA-K); e G - volume de raiz (VR) em função de doses de NPK em mudas de guriri aos 16 meses após a semeadura.

Considerando a EA-N, foi estimado o ponto de máxima em 98,04 mg g⁻¹ na dose de 31,30 g dm⁻³ (Figura 2E). Para a EA-N, o ponto de máxima de 52,30 mg g⁻¹, foi estimado na dose de 33,60 g dm⁻³ (Figura 2F). Em relação ao VR foi também possível o ajuste com o modelo quadrático, sendo o ponto de máxima estimado em 91,17 cm³, correspondente à dose de 24,69 g dm⁻³ (Figura 2).

Não foi observada diferença significativa para os índices. As médias dos índices RAD, RPAR e IQD foram de 0,48; 0,85 e 16,93, respectivamente (Tabela 3). Os coeficientes de variação nas variáveis RAD, RPAR e IQD foram classificados segundo Fonseca e Martins (2011), como alto, médio e alto, respectivamente.

Tabela 3: Média da relação altura e diâmetro de coleto (RAD), relação da massa seca de parte aérea e raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson de mudas de guriri, em função de doses de NPK aos 16 meses após a semeadura.

NPK (g dm⁻³)	RAD	RPAR	IQD
0	0,43	0,78	16,73
10	0,59	0,93	16,37
20	0,46	0,81	20,90
30	0,50	0,91	16,38
40	0,43	0,72	21,35
50	0,46	0,98	9,85
Média	0,48	0,85	16,93
CV (%)	23,14	13,33	31,66%

*Não foi encontrada diferença estatística pelo teste F (p<0,05).

1.1.4 Discussão

A adubação mineral com N e K apresentou diferença estatística quanto às variáveis H e NF, mas sem ajuste das equações, evidenciando respostas sutis de variação. Bovi, Godoy Jr. e Spiering (2002), avaliando o crescimento de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) encontraram diferenças significativas para N e K somente após 9 meses de cultivo em campo, não obtendo resposta para P, demonstrando que respostas de Arecaceas à adubação ocorrem a longo prazo. A ausência de respostas para algumas variáveis pode estar relacionada ao curto prazo das avaliações após a

realização das adubações, já que os tratamentos com NPK foram avaliados após oito meses da primeira adubação (Tabela 2).

Os resultados demonstram o lento desenvolvimento do guriri e a complexidade da família *Arecaceae* em ser estudada. A espécie é adaptada a um ambiente de *déficit* hídrico, com textura do solo predominantemente arenosa. A areia é um substrato inerte e possui poucos microporos e grande quantidade de macroporos, além do baixo teor de matéria orgânica, o que dificulta o armazenamento de água (SILVA et al., 2019). A água infiltrada é drenada para os lençóis freáticos profundos, ficando indisponível à absorção pelas plantas. Observa-se, também, uma maior amplitude térmica diária, que dificulta o estabelecimento de algumas espécies nesse ambiente (NUSIER e ABU-HAMDEH, 2003). Outra característica desse tipo de solo é a baixa quantidade de coloides (baixa CTC) e, conseqüentemente, uma quantidade ínfima de nutrientes para absorção pelas plantas, devido à lixiviação que ocorre de maneira muito intensa, ocasionando o pouco aproveitamento (REICHERT et al., 2010). Pode-se afirmar que, de maneira geral, as espécies da restinga experimentam condições drásticas de seca, ventos constantes, amplitude térmica, falta de nutrientes e salinidade (SCARANO, 2002). Essas condições junto com os fatores edáficos, geomorfológicos e o alcance dos *sprays* salinos limitam a distribuição das espécies no ambiente (SANTOS et al., 2017). Esses fatores influenciaram na estratégia adaptativa do guriri. Um exemplo é a presença de hipoderme nas folhas, que possibilita acúmulo de sais e facilita a persistência da planta no ambiente salino (PINEDO et al., 2016; KUSTER et al., 2018).

Na condição do experimento, não houve restrições de disponibilidade hídrica nem mesmo de nutrientes (com exceção da testemunha), levando o guriri a expressar o seu potencial de desenvolvimento. O uso inadequado da nutrição mineral provoca restrições ao crescimento da planta, tanto pela falta quanto pelo excesso de nutrientes, sendo esperado que plantas que possuem a nutrição balanceada apresentem também maiores valores de MSPA (SCHUMACHER, CECONI e SANTANA, 2004). O presente trabalho apresentou resposta a adubação em relação as variáveis MFPA e MSPA, alcançando pontos de máxima produção acima de 20 g do adubo NPK (Figura 1). O desenvolvimento de mudas com maior parte aérea em relação à radicular fragiliza a planta quando submetidas a situações de *déficit* hídrico (LIMA et al., 2016). Assim, pensando na espécie, busca-se um melhor

desenvolvimento do sistema radicular para que as mudas possam transpirar menos e para que as raízes consigam suprir a espécie com água e nutrientes.

As curvas de regressão para as variáveis MFR e VR mostraram a influência da adubação, evidenciando um ponto de absorção máxima de NPK pela planta (Figura 2A e 2G). De acordo com Lourenço et al. (2007), à medida que as espécies da restinga são expostas a altas concentrações de salinidade ocorre redução da MSR. A salinidade pode ocorrer de forma natural ou por fornecimento de doses crescentes de adubos. Assim, as plantas podem acumular mais solutos nas raízes a fim de manter a pressão de turgor, investindo no seu crescimento para que possam aumentar a capacidade de absorção de água nesse ambiente (TAIZ et al., 2017). Nesse estudo, a MSR não apresentou diferença significativa entre as doses testadas, porém, como ocorreu diferença significativa para a MFR e VR, levanta-se a hipótese que essa diferença possa ser atribuída ao acúmulo de água e carboidratos nessa região do sistema radicular.

A distribuição de massa fresca na planta revela que 67,19% são alocados para as raízes e apenas 32,81% correspondem à parte aérea. Considerando a massa seca, observa-se que 64,97% se concentra nas raízes e 35,03% na parte aérea. Esses resultados evidenciam o investimento da espécie no sistema radicular (MENEZES e ARAÚJO, 2000).

O cálculo da porcentagem de matéria seca com base nos valores das massas da parte aérea e da raiz foram de 27,4% e 13,7%, respectivamente. Diante desses valores é possível inferir que a raiz apresenta menor porcentagem de matéria seca que a parte aérea, evidenciando maior reserva de água no sistema radicular, o que equivale a um valor médio de 18,9% superior. Portanto, apesar da MSR não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos, os resultados constataam que o guriri possui estratégias para absorver água e nutrientes na condição de estresse salino.

Em situações de estresse, todo o mecanismo da planta relacionado à água pode ser afetado. Um componente proteico fundamental no transporte de água das plantas são as aquaporinas. A fosforilação de aquaporinas apresenta diferentes respostas conforme o estresse a que a planta está sujeita, como o de baixas temperaturas e o salino, mostrando-se fundamental na sobrevivência da planta (AFZAL et al., 2016). Fontes (2018), em estudo proteômico da *A. arenaria*, observou que 45,3% do total de proteínas foram identificadas na forma de aquaporinas voltadas

para a resposta ao *déficit* hídrico, demonstrando importante capacidade de adaptação da espécie ao ambiente em que vive.

O guriri pode ser classificado como hemicriptófito, caracterizado pelo caule compacto ao nível ou um pouco abaixo do solo, sendo protegido por ele (CASTELO e BRAGA, 2017). Essa classificação representa a forma de vida da espécie no ambiente. Um local com condições limitantes faz com que o guriri busque por alternativas para se suprir dos recursos necessários. O desenvolvimento das plantas é afetado por fatores que condicionam estresse, como a salinidade, que inibe o crescimento vegetal devido ao seu efeito osmótico, tóxico e/ou de desordem nutricional, e que acabam por restringir a disponibilidade de água, induzindo a alterações morfológicas, estruturais e metabólicas (GONDIM et al., 2009). A busca pela água é realizada através de um desenvolvimento maior das raízes axiais, que têm alcances profundos, podendo atingir o lençol freático e levantando à hipótese de que é possível fornecer ao guriri um suprimento ilimitado de água (GESSLER et al., 2008). Em um estudo com espécies pioneiras, ao serem comparadas com o grupo das clímax, Gonçalves et al. (1992) observaram que o desenvolvimento radicular e a densidade de raízes finas desse grupo são muito superiores, propiciando maior taxa de crescimento e absorção de nutrientes. Menezes e Araújo (2000) observaram em campo que o guriri possui essa rede de raízes finas. Essas observações reforçam que o guriri apresenta um maior desenvolvimento do sistema radicular, provavelmente pela busca por recursos, como água e nutrientes, e por estar adaptado a um ambiente com condições salinas.

Ao se analisar a máxima EA-N e a máxima EA-K, cujos valores da dose de adubação foram próximos (Figura 2E e 2F), constata-se interação positiva entre o N e K nas adubações. A explicação para esse efeito entre os dois elementos é observada quando a eficiência de utilização do N tende a aumentar à medida que as doses de adubação com K aumentam (PRADO, 2008; SOUZA e FERNANDES, 2018). A variabilidade na composição do pool de N, que é encontrado na espécie, junto com as altas taxas de acúmulo de carboidratos livres, mostram que o guriri tende a ter uma capacidade de aclimação/adaptação às condições ambientais adversas (GESSLER et al., 2008). A aplicação dos nutrientes N e K resultou em maior crescimento das plantas. Esse efeito é esperado em função da aplicação do N (FONSECA E CRUZ et al., 2012), mas não é comum para o K considerando a maioria das plantas (DIAS et al., 2019). Contudo esse efeito no crescimento em função da adubação potássica é

relatado por alguns autores (CASTRO et al., 2016; GOUVEIA et al., 2018; KAWAVATA et al., 2017; MELO et al., 2020). Cabe salientar que o conteúdo desse nutriente na raiz foi 36,47% maior que na parte aérea, mostrando sua importância para o crescimento e sobrevivência da espécie.

Valores menores que 1 (um) do índice RAD (Tabela 3) mostram que o diâmetro do coleto teve maior desenvolvimento que a altura da planta (Tabela 2). O padrão de crescimento do caule das mudas requer construção hidráulica bem estruturada, uma vez que o sistema condutor da base não é reconstruído e sustentará a planta até a morte (PINEDO et al., 2016). Esse tipo de crescimento é comum nas palmeiras, visto que elas não apresentam crescimento secundário típico (LIMA et al., 2003), mas sim um crescimento denominado de secundário difuso (ELAYARAJA, KUMARASAMY e SANTHOSHKUMAR, 2021), que é caracterizado pelas divisões aleatórias das células do parênquima em largura e/ou no aumento dos espaços intercelulares, que acabam promovendo o espessamento maior do caule (EVERT, 2013). Salles, Lima e Costa (2017) afirmam que somente o índice RAD não deve ser observado de forma isolada para se determinar a qualidade de mudas, e sim pela análise conjunta das variáveis avaliadas.

Os valores do índice RPAR (Tabela 3) mostram que as mudas apresentaram os mesmos padrões de distribuição de biomassa, independentemente dos tratamentos, e confirmam que o guriri investe maior acúmulo de biomassa nas raízes em detrimento da parte aérea, devido aos valores do índice serem menores que 1(um). Segundo Taiz et al. (2017), a redução da disponibilidade de água implica no aumento relativo das raízes e menor crescimento aéreo, sendo essa uma forma de adaptação da espécie à seca, assim como, aumento na concentração de solutos nas raízes.

O guriri não apresentou diferença estatística nas principais variáveis que compõem a fórmula do IQD, com exceção da MSPA e H (Tabela 2 e Figura 1A). Por essa razão, também não apresentou diferença estatística no índice (Tabela 3). Fonseca et al. (2002) destacam o IQD como um bom índice, pois além de levar em conta a robustez das mudas, considera também o equilíbrio das biomassas aérea e radicular. Segundo Smiderle et al. (2017), o IQD apresenta correlação positiva com a MSPA e a MSR, indicando que essas variáveis são linearmente proporcionais à qualidade de mudas.

O guriri apresentou maior crescimento do sistema radicular em comparação a parte aérea (Figura 2 e 3), visto que a aquisição de água e nutrientes na restinga é limitada e fundamental. A aquisição de água tem grande importância para o desenvolvimento da espécie, que reflete no padrão de distribuição de compostos nitrogenados, como proteínas e aminoácidos (GESSLER et al., 2008). Levando em consideração as características da espécie e o ambiente, optou-se por determinar a qualidade de mudas a partir do acúmulo de suas biomassas no sistema radicular, dada a sua importância.

A dose de 21,55 g dm⁻³ de NPK foi a que promoveu o melhor crescimento de MFR, resultando em eficiência de absorção relativa de 93,81% para o N e 93,56% para o K (Figura 2). Calculando-se o conteúdo relativo de N e K, estes foram de 99,95% e 98,86% respectivamente. Quanto ao volume de raiz, houve uma redução relativa de 0,5%. Essa dose, na Tabela 3, fornece o segundo maior valor absoluto do IQD, indicando qualidade das mudas. Essas inferências permitem quantificar uma nutrição adequada às mudas de guriri em relação ao N e K, promovendo um maior desenvolvimento inicial das mudas no sistema radicular.

1.1.5 Conclusão

As melhores mudas foram obtidas com a dose de 21,55 g dm⁻³ de NPK, com uma eficiência de absorção relativas de 93,81% para o N e 93,56% para o K.

A *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze investiu 67,19% de sua massa fresca no sistema radicular e armazenou quantidade de água na raiz 18,9% superior a parte aérea, sugerindo ocorrência de estruturas de armazenamento de água no sistema radicular.

Referências

AFZAL, Z., HOWTON, T. C., SUN, Y., MUKHTAR, M. S. & WESSELS, A. The Roles of Aquaporins in Plant Stress Responses. **Journal of Developmental Biology**, v. 4, n. 1, p. 9, 2016.

AGUILAR, M. V. M.; MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R.; MENEZES, E. S.; SANTOS, A. R. DOS & SILVA, F. G. Produção de mudas de *Albizia lebbbeck* Benth sob diferentes formulações e doses de osmocote®. **BIOFX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 153-160, 2020.

ALMEIDA, A. L. & ARAUJO, D. S. D. Comunidades vegetais do cordão arenoso externo da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, RJ. **Oecologia Brasiliensis**, v. 3, p. 47-63, 1997.

ALMEIDA, U. O de; ANDRADE, R. de C., Neto; ARAÚJO, J. M. de; COSTA, D. A. da & TEIXEIRA, D. L., Júnior. Fertilizantes de liberação lenta na produção de mudas frutíferas. **SAJEBTT**, v. 6, n. 1, p. 518-527, 2019.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., MORAIS GONÇALVES, J. L. de & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA, R. T.; LIMA, F. C.; ORTIZ, P. R. T.; BARBOSA, K. C. & BARBOSA, T. C. 2017. **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 344p. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2019/10/lista-especies-rad-2019.pdf>>.

BEZERRA, J. L. de S.; ANDRADE NETO, R. de C.; LUNZ, A. M. P.; ARAÚJO, C. S. de & ALMEIDA, U. O. de. Fontes e doses de nitrogênio na produção de mudas de açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart). **Centro científico conhecer**, v. 15, n. 27. p. 541. 2018.

BEZERRA, J. L. de S.; ANDRADE, R. de C., Neto; LUNZ, A. M. P.; ARAÚJO, J. M. de & ARAÚJO, C. S. de. Produção de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea*) em resposta a diferentes fontes e doses de potássio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, p. 348-360, 2020.

BOVI, M. L. A.; GODY JR., G. & SPIERING, S. H. Resposta de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

CAMPOS, C. N. S. Introdução à nutrição e adubação de plantas. *In*: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, p. 9-26, 2014.

CASTELO, A. J. & BRAGA, J. M. A. Checklist of sand dune vegetation on the tropical southeastern Brazil coast. **Check list**, v. 13, n. 2, 11 p., 2017.

CASTRO, B. F.; SANTOS, L. G. dos; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A. & BEBÉ, F. V. Produção de rabanete em função da adubação potássica e com diferentes fontes de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p; 341-348, 2016.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. de & GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 537-546, 2006.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N. de; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de & LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2011.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R. & SOARES, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 429-439, 2019.

DICKSON, A.; LEAF, A. L. & HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

ELAYARAJA, M.; KUMARASAMY, D. & SANTHOSHKUMAR, M. Palmoxyton wood of *Dracaena* from Neyveli lignite formation, Tamil Nadu, India. **International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology**, v. 8, n. 4, p. 22-26, 2021.

EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de ESAU**: Meristema, Células e tecidos dos corpos das plantas: suas estruturas, função e desenvolvimento. São Paulo: Blucher, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P. & NOGUEIRA, D. A. Package 'ExpDes.pt': Experimental Designs Package (Portuguese). 2017. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>>.

FONSECA E CRUZ, C. A. e; PAIVA, H. N. de; CUNHA, A. C. M. C. M. da & NEVES, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cernes**, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2012.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N. & COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FONSECA, J. S. da & MARTINS, G. de A. **Curso de estatística** (6º ed.). São Paulo, Atlas S.A. 2011.

FONTES, R. E. **Allagoptera arenaria: análise proteômica e anatômica do sistema radicular e suas relações com aspectos das condições edafoclimáticas do Parna de Jurubatiba**. Dissertação de mestrado (Mestre em Ciências Ambientais e Conservação). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Macaé; 2018, 82p.

FREIRE, M. das G. M. & MUSSI-DIAS, V. Ornamental use of plants from the Restinga. **Ornamental horticulture**, v. 25, n. 1, p. 55-64. 2019.

GESSLER, A.; NITSCHKE, R.; ZALUAR, H. & MATTOS, E. A. de. Comparison of the performance of three different ecophysiological life forms in a sandy coastal restinga ecosystem of SE-Brazil: A nodulated N 2-fixing C3-shrub (*Andira legalis* (Vell.) Toledo), a CAM-shrub (*Clusia hilariana* Schldt.) and a tap root C3- hemicryptophyte (*Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Ktze.). **Trees**, v. 22, n. ?, p. 105-119, 2008.

GONÇALVES, J. L. de M.; FREIXÊDAS, V. M.; KAGEYAMA, P. Y.; GONÇALVES, J. C. & DIAS, J. H. P. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. *IN: Anais – 2º congresso Nacional sobre Essências Nativas*. 1992.

GONDIM, A. R. de O.; MEDEIROS, J. F. de; LEVIEN, S. L. A.; CARMO, G. A. do & SENHOR, R. F. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de diferentes salinidades. **Maringá**, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2009.

GOUVEIA, A. M. de S.; CORRÊA, C. V.; SILVA, M. de S.; MENDONÇA, V. Z. de; JORGE, L. G.; MARTINS, B. N. M.; EVANGELISTA, R. M. & CARDOSO, A. I. I. Macro and micronutrients accumulation in radish (*Raphanus sativus* L.) subjected to

potassium (K) fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 11, p. 1738-1742, 2018.

HENRIQUE, P. de C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. de F. P. & LIVRAMENTO, D. E. do. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesq. agropec. bras.**, v. 46, n. 5, p. 458-465, 2011.

JATAV, H. S.; SHARMA, L. D.; SADHUKHAN, R.; SINGH, S. K.; SINGH, S.; RAJPUT, V. D.; PARIHAR, M.; JATAV, S. S.; JINGER, D.; KUMAR, S. & SUKIRTEE. An Overview of Micronutrients: Prospects and Implication in Crop Production. *IN: Plant micronutrientes: deficiency and toxicity management*. AFTAB, T. & HAKEEM, K. R. Springer, 2020, 474 p.

KAWAVATA, C. K. H.; FOIS, D. A. F. ; COPPO, J. C. & ALVES, A. Neto. Influência de doses e de duas fontes de potássio no sistema radicular do milho e na condutividade elétrica no solo. **Investg. Agrar**, v. 19, n. 1, p. 28-34, 2017.

KRATKA, P.C. & CORREIA, C.R.M.A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.39, n.3, p.551-559, 2015.

KUSTER, V. C.; SILVA, L. C. da; POSSATTI, L. & SCHNEIDER, S. Z. Leaf morphology and anatomy of *Jacquinia armillaris* Jacq. (Primulaceae) from two coastal Restinga environments. **Ilheringa**, v. 73, n. 3, p. 240-249, 2018.

LIMA, E. S.; FELFILI, J.; MARIMON, B. S. & SCARIOT, A. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central – DF. **Revista Brasil, Bot.**, v. 26, n. 3, p. 361-370, 2003.

LIMA, S. L.; MARIMON, B. H. Junior; MELO-SANTOS, K. da S.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C. & MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 2, p. 120-131, 2016.

LOURENÇO, J., Júnior; CUZZUOL, G. R. F.; PETERLE, P. L. & ROCCI, M. dos S. A Disponibilidade de Nutrientes Como fator de Zonação em Plantas de Restinga. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 894-896, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Ceres, 2006, 631p.

MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C.; RIBEIRO, L. M. & OLIVEIRA, D. M. T. Roles of the haustorium and endosperm during the development of seedlings of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae): dynamics of reserve mobilization and accumulation. **Protoplasma**, v. 254, n. 4, p. 1563-1578, 2017.

MELO, R. R. de; GONÇALVES, S. L. S.; BACCARIN, F. J. B.; VASCONCELOS, W. A. & MIRANDA, S. do C. Influência de altas dosagens de cloreto de potássio no desenvolvimento de espécies em cultivo hidropônico. **PUBVET**, v. 14, n. 14, p. 1- 9, 2020.

MENEZES, L. F. T. de & ARAUJO, D. S. D. de. Variação da biomassa aérea de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze (Arecaceae) em uma comunidade

arbustiva de palmas na restinga de Marambaia, RJ. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 60, n. 1, p. 147-157. 2000.

NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGOLBO, L. A. & CARMO, E. L. do. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioca-salsa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2016.

NUSIER, O. K. & ABU-HAMDEH, N. H. Laboratory techniques to evaluate thermal conductivity for some soils. **Heat and Mass Transfer**, v. 39, n.2, p. 119–23, 2003.

OLIVEIRA, M. C. de; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A. de; SANTOS, D. da S.; SOUZA, R. M.; GUIMARÃES, T. G.; SILVA, M. C. da, Júnio; PEREIRA, D, J, de S. & RIBEIRO, J. F. 2016. **Manual de viveiro e Produção de Mudas: Espécies arbóreas nativas do cerrado**. Embrapa Cerrado, Brasília, 124 p.

OLIVEIRA, T. L. dos S., PINHEIRO, M. P., SILVA, L. dos A. TALORA, D. C., PIOTTO, D. & MIELKE, M. S. Palms as source of non-timber forest products in the Southern Bahia coast Brazil. **Agrotrópica**, v. 29, n. 3, p. 183-194, 2017.

PRADO, R. de M. **Nutrição Mineral de plantas**. São Paulo, UNESP, 2008, 416 p.

PINEDO, A.; MARTINS, R. C.; OLIVEIRA, R. & GOMES, S. M. Leaf anatomy in *Allagoptera* (Arecaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, V. 182, 2016.

PREZOTTI, L. C. *et al.* **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA; INCAPER; CEDAGRO, 2007. 305 p.

R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

RECH, L. L., LOPES, A. R., DOTTO, M., GIAROLA, C. M. & PIROLA, K. Influência De Telas De Sombreamento De Diferentes Colorações No Desenvolvimento Da Alfaca Americana. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, n. 4, p. 324-329, 2019.

REE, J. F. & GUERRA, M. P. Palm (Arecaceae) somatic embryogenesis. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 51, n. 6, p. 589–602, 2015.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S. & HORN, R. Mecânica do solo. LIER, Q. de J. van (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, 298 p.

REIS, R. C. da C. Palmeiras (Arecaceae) das restingas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 20, n. 3, p. 501-512. 2006.

RODRIGUES, F. A.; EINHARDT, A. M.; RIOS, J. A.; SILVEIRA, P. R.; ELMER, W. H. & DATNOFF, L. E. Nutrição Mineral no Manejo das Doenças de Plantas. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. DA; MARCHÃO, R. L. & MORAES, M. F. **Nutrição e Adubação: Grandes Culturas na região do Cerrado**. Gráfica UFG, 2019. 591p.

SALLES, J. S.; LIMA, A. H. F. & COSTA, E. Mudanças de jambolão sob níveis de sombreamento, bancadas refletoras e profundidade de semeadura. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, Suplemento 1, p. 110-118, 2017.

SANTOS, C. P. dos; COE, H. H. G.; RAMOS, Y. B. M.; SOUSA, L. de O. F. de; SILVA, A. L. C. da.; FREIRE, D. G. & SILVESTRE, C. P. Caracterização das comunidades vegetais na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. **Rev. Tamoios**, ano 13, n. 1, p. 121-135, 2017.

SCARANO, F. R. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, p. 517-524, 2002.

SCHUMACHER, M.V.; CECONI, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Bentham)). **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.149-155, 2004.

SMIDERLE, O. J.; SILVA, T. de J. da; SOUZA, A. A. de & SOUZA, A. das G. Correlação morfológica da qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo com substratos alternativos. **Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, 2017.

SIDDIQI, M.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plant. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.

SILVA, D. F. da., VILLA, F., PIVA, A. L., KLOSOSWIKI, E. S. & MEZZALIRA, E. J. Emergence and development of *Physalis* L. seedlings under colored shade nets and full sunlight. **Rev. Ciênc. Agrovet.**, v. 19, n. 2, p. 139-148, 2020

SILVA, J. V. G.; LONGUE, L. L.; FURLAN, M. R.; AOYAMA, E. M. Substrato e estaquia caulinar na propagação vegetativa de *Turnera subulata* Sm. **Rev. Bras. de Iniciação Científica**, v.6, n.2, p. 175-185, 2019.

SOUZA, S. R. & FERNANDES, M. S. Nitrogênio. *IN*: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. & SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de plantas**, Viçosa – MG, 2018, 670 p.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in *Pumpkin hybrids*. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, 627 p.

THEBALDI MS, LIMA LA, SILVA AC, COLARES MFB, LIMA PLT. Eficiência de sistemas de irrigação em mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes. **Ciência Florestal** v. 26, n. 2, p. 401-410, 2016.

TEIXEIRA, L. A. J.; BATAGLIA, O. C.; BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E.; ISEPON, J. dos S. Adubação com NPK em coqueiro-anão-verde (*Cocus nucifera* L.) rendimento e qualidade de frutos. **Rev. Bras. Frutic**, v. 27, n. 1, p. 120-123. 2005.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R. & SALES, A. Manejo Da Adubação NPK Na Formação Do Açaizeiro Em Latossolo Amarelo Do Nordeste Paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 2175 – 2182, 2015.

VIEIRA, C. L.; CALDEIRA, D. S. A.; OLIVEIRA, A. J. de; VILARINHO, M. K. C.; SILVA, G. V. B. da; OLIVEIRA, F. F. de S.; FIGUEIREDO, E. de O. & LUPERINI, B. C. O. Fosfatagem corretiva e adubação em cobertura na produção de mudas de *Tamarindus indica* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 71380-71387, 2020.

YUYAMA, K.; CHÁVEZ F., W. B.; PEREIRA, B. G. & SILVA, I. A. Efeito da densidade de plantas e d adubação NPK na produção inicial de palmito de pupunheira. **Rev. Bras. Ci. Solo**. v. 29, n. 1, p. 373-378. 2005.

ZAMBOLIM, L. & VENTURA, J. A. Mecanismos Gerais de atuação dos nutrientes sobre a severidade de doenças de plantas. *IN*: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A & ZANAO JR, L. A. **Efeito da Nutrição Mineral no Controle De Doenças de Plantas**. Editora Independente, 2012, 322 p.

1.2 EFEITO DA ADUBAÇÃO COM NPK SOBRE A FISIOLOGIA DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA EXPOSTAS A LUZ SOLAR APÓS UM MANEJO FLORESTAL DE PODA.

Resumo

A exposição das plantas a agentes como altas intensidades de luz pode desencadear a inibição da fotossíntese. Entretanto, alguns nutrientes desempenham o papel de recuperar o crescimento e a fotossíntese das plantas quando são inibidas por agentes prejudiciais. Nesse contexto, buscou-se testar a hipótese que os nutrientes NPK auxiliam melhorando os parâmetros fotossintéticos das plantas atenuando a fotoinibição a luz intensa em espécies tropicais. O trabalho foi desenvolvido em uma cava de área de empréstimo de extração de argila. Utilizou-se para a revegetação da cava cinco espécies nativas da Mata Atlântica, divididas em grupos ecológicos pioneiras e não pioneiras. Após um ano e dez meses da condução do experimento, as espécies pioneiras foram podadas em metade da área. Os tratamentos foram alocados em parcelas e subparcelas. Os níveis das parcelas foram dois, determinados pelos manejos com poda e sem poda, e os níveis das subparcelas foram cinco,

compostos pelas adubações de plantio com o NPK 04-14-08, sendo: 0, 40, 80, 160 e 320g cova⁻¹, totalizando dez tratamentos. As medições da fluorescência da clorofila a foram realizadas nas espécies *Inga laurina* e *Psidium cattleianum*, 24h após o manejo da poda. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com o teste F a 5%. Ambas as espécies apresentaram maiores valores de fluorescência inicial na menor e na maior dose de NPK quando expostas a luz. *Inga laurina* e *Psidium cattleianum* diferiram entre si na resposta à luz. A adubação com NPK atenuou os efeitos da fotoinibição.

Palavras-chave: Fluorescência da clorofila a; Manejo florestal; Nutrição de plantas; Adubação de plantio; Podas.

Abstract

The exposure of plants to agents such as high light intensities can trigger the inhibition of photosynthesis. However, some nutrients can play the role of restoring plant growth and photosynthesis when they are inhibited by harmful agents. In this context, we sought to test the hypothesis that NPK nutrients help to improve the photosynthetic parameters of plants by attenuating intense light photoinhibition in tropical species. The work was carried out in a clay extraction pit. Five species native to the Atlantic Forest were used for the revegetation of the pit, divided into pioneer and non-pioneer ecological groups. After one year and ten months of conducting the experiment, the pioneer species were pruned in half of the area. Treatments were divided into plots and subplots. The levels of the plots were two, determined by the managements with pruning and without pruning, and the levels of the subplots were five, composed by the planting fertilizations with NPK 04-14-08, as follows: 0, 40, 80, 160 and 320 g. pit⁻¹, totaling ten treatments. The chlorophyll a fluorescence measurements were performed on *Inga laurina* and *Psidium cattleianum* species, 24h after pruning management. Data were subjected to analysis of variance (ANAVA) with the F test at 5%. Both species showed higher initial fluorescence values at the lowest and highest dose of NPK when exposed to light. *Inga laurina* and *Psidium cattleianum* differed in response to light. NPK fertilization attenuated the effects of photoinhibition.

Keywords: Chlorophyll a fluorescence; Forest management; Plant nutrition; Planting fertilization; Pruning.

1.2.1 Introdução

A degradação dos solos é um problema global que enfrentamos no século 21, sendo um impacto ambiental que foi acelerado pelo homem (KARLEN e RICE, 2015). O processo de extração de argilas em áreas de empréstimo ou jazidas para a construção de bases de poço de petróleo, manutenção e pavimentação de estradas provoca exposição do solo, pois são geradas cavas com diferentes profundidades (SCHIAVO, CANELLAS e MARTINS, 2007). Como consequência, a matéria orgânica desses locais é afetada, são removidas, afetando assim como a capacidade de troca catiônica (CTC) (RODRIGUES et al., 2006). Isso ocorre devido a exposição dos horizontes de baixa fertilidade, e da remoção da cobertura superficial seguida dos horizontes do solo, e esses fatores tornam difícil a volta das condições de origem, mesmo que a vegetação seja restabelecida (SILVA et al., 2012; YADA et al., 2015). Como forma de garantir a sustentabilidade foram desenvolvidas técnicas e manejos para a recuperação física, química, biológica e ecológica dos solos. (LAL, 2015). Atualmente, a recuperação é parte do processo de desenvolvimento de atividades que visam a extração de recursos e o desenvolvimento sustentável, de forma legal, tendo como princípio básico a preservação e o reaproveitamento do solo (LEINFELDER, IRAMINA e ESTON, 2015).

Nas áreas de extração de argila, geralmente, os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio são considerados deficientes. Logo, para o bom desenvolvimento e manutenção das espécies, exige-se aplicação significativa desses nutrientes (SHEORAN et al., 2010; ALMEIDA e SÁNCHEZ, 2015; MENSAH, 2015). Um dos desafios enfrentados pela nutrição mineral é o fornecimento dos nutrientes adequados às plantas, pois cada espécie e cada fase de desenvolvimento possuem uma demanda diferente (RODRIGUES et al., 2019). O nitrogênio é considerado o nutriente do crescimento vegetal, e, em condições de deficiência, as plantas perdem vigor, pois todas as células que têm uma demanda alta pelo nutriente mencionado são afetadas, haja vista que ele atua como componentes de aminoácidos, ácidos nucléicos e também como componente estrutural da clorofila (WIEDENHOEFT, 2006; SOUZA e FERNANDES, 2018). O fósforo, por sua vez, é o mais aplicado nos solos brasileiros devido a fortes interações, como precipitação e adsorção em coloides, que o torna pouco disponível às plantas (BURCHER et al., 2018). Todavia, é um dos macronutrientes mais abundantes nos tecidos vegetais e junto com o nitrogênio, é um dos que mais limita o desenvolvimento das plantas em campo (HERNANDEZ e

MUNNÉ-BOSCH, 2015). A essencialidade do fósforo no metabolismo das plantas é devido ao seu papel fundamental como componente de açúcares, fosfolípidios, DNA, RNA e como fonte de transferência de energia da célula, na respiração e fotossíntese, através do ATP (TAIZ e ZEIGER, 2017; RODRIGUES et al., 2019). Em relação ao potássio, segundo os mesmos autores, está ligado a regulação osmótica das plantas e a ativação de inúmeras enzimas que estão envolvidas na respiração e fotossíntese. Na literatura, são observadas respostas positivas à adição desses três macronutrientes (N, P e K), como maior crescimento, maiores acúmulos dos nutrientes foliares e maiores concentrações de pigmentos fotossintetizantes em plantas tropicais (WRIGHT et al., 2011; CUZZUOL et al., 2016).

Numa floresta tropical, a abertura de clareiras seleciona espécies ao longo de um ambiente, que é caracterizado por um mosaico de sucessão com diferentes fases estruturais, fazendo da utilização da luz para a fotossíntese um componente fundamental para o desenvolvimento e sobrevivência das plantas (SOUZA e RIBEIRO, 2008). A aclimatação dessas espécies, quando expostas, está inteiramente ligada a plasticidade do sistema fotossintético. Espécies dos grupos sucessionais iniciais apresentam maiores taxas de fotossíntese máxima e maior flexibilidade de resposta, enquanto as espécies do sub-bosque, no geral apresentam adaptação a baixa disponibilidade de recursos (BAZZAZ e PICKETT, 1980). A exposição das plantas às altas intensidades de luz, temperatura, *déficit* hídrico, altas concentrações de elementos tóxicos entre outros, podem desencadear a inibição da fotossíntese. Entretanto, alguns nutrientes, como o fósforo, desempenham importante função recuperando o crescimento e a fotossíntese das plantas, quando são inibidas na presença de metais pesados (JIANG et al., 2009; HE et al., 2011). Com base nessas premissas, tem-se como hipótese que os nutrientes NPK auxiliam melhorando os parâmetros fotossintéticos das plantas atenuando a fotoinibição a luz intensa em espécies tropicais. As informações desse trabalho podem ajudar na conservação de espécies vulneráveis, no manejo florestal e em estudos com aberturas de clareiras. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com NPK sobre a fluorescência da clorofila *a* de *Inga laurina* e *Psidium cattleianum* expostas a luz solar após manejo florestal de poda.

1.2.2 Material e Métodos

Local de estudo

O trabalho teve início em fevereiro de 2018, em uma cava de área de empréstimo de extração de argila, utilizada para terraplanagem e outros fins na produção de petróleo e gás natural no município de São Mateus, ES. A vegetação nativa do local é caracterizada como de restinga e se encontra na área de Tabuleiro Costeiro, com o solo do cavado tipo Latossolo Amarelo, com drenagem insuficiente. Conforme a classificação internacional de Koppem, o clima da região é definido como Aw, tropical quente e úmido, com estações de seca e chuvosa bem definidas durante o ano (ALVARES et al., 2013).

As propriedades químicas iniciais do solo foram analisadas por Pinheiro et al., (2020) na camada 0-20 cm de profundidade, sendo que todos os atributos químicos avaliados pelos autores foram classificados como baixo, com exceção da saturação por alumínio (Tabela 1). O preparo do solo foi realizado um mês antes do plantio das mudas. Após o preparo do solo foi realizada a correção do pH, elevando a saturação por bases para 70%, com aplicação de calcário dolomítico e posterior incorporação com grade.

Tabela 1. Propriedades química do solo da área experimental na cidade de São Mateus, ES, na profundidade de 0-20 cm.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M
(H ₂ O)	g Kg ⁻¹	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						%	
4,60	4,73	0,69	8,75	0,26	0,21	0,68	2,20	0,59	2,79	20,45	55,42

Fonte: Pinheiro et al., (2020).

Espécies

As espécies escolhidas foram: *Dalbergia ecastophyllum* (L.) Taub., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Inga laurina* (Sw.), *Protium heptaphyllum* e *Psidium cattleianum*, popularmente conhecidas como rabo de bugio, aroeira ou pimenta rosa, ingá da praia, almescla e goiabinha, respectivamente. A classificação quanto ao grupo ecológico foi pioneira para o rabo de bugio e a aroeira, e não pioneira para as demais (IEMA, 2018; NAVE et al., 2016; SANTOS et al., 2004). As mudas foram adquiridas

em um viveiro credenciado no registro nacional de sementes e mudas (RENASEM) localizado na região de São Mateus, ES.

Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram alocados em parcelas subdivididas. As parcelas principais foram constituídas pelo manejo (2 níveis): plantas com poda expostas a pleno sol (CP) e plantas sem poda mantidas na sombra (SP), e as subparcelas (5 níveis), pelas doses de NPK 04-14-08, sendo 0, 40, 80, 160 e 320 g cova⁻¹, totalizando dez tratamentos.

As oito parcelas mediram 10 x 10 m cada. As subparcelas, quarenta no total, mediram 2 x 10 m e continham 25 plantas cada. Em cada tratamento, havia cinco espécies nativas da Mata Atlântica para representá-lo. Foram cultivadas 1000 plantas no total.

Manejo

As cinco espécies facilitadoras foram plantadas na forma de quincôncio com espaçamento de 1 m entre as mudas periféricas e 2 m entre as centrais, em covas de dimensões 0,40 x 0,40 x 0,40 m. As mudas foram irrigadas três, duas e uma vez por semana, no primeiro, segundo e terceiro mês após o plantio, respectivamente, com 2 L de água por planta por aplicação. Foi realizado adubação de cobertura a cada sessenta dias, com aplicação de 25 g planta⁻¹ do formulado NPK 20-00-20 Micro Total® durante o primeiro ano de cultivo.

Após um ano e dez meses da condução do experimento, as espécies *Dalbergia ecastaphyllum* (Rabo de bugio) e *Schinus terebinthifolius* (Aroeira), classificadas como pioneiras, foram podadas em metade da área. O manejo da poda ocorreu no período da manhã. As plantas manejadas foram rebaixadas a 10 cm do solo com o auxílio de serras de poda e tesouras de poda. Os restos vegetais foram depositados no mesmo local como forma de adubo verde.

Análises

Fluorescência da clorofila a (JIP-teste)

As medições foram realizadas nas espécies *Inga laurina* e *Psidium cattleyanum*, 24h após o manejo da poda. Utilizou-se um fluorômetro portátil Handy-PEA (Hanstech, King's Lynn, Norfolk, UK) para as medidas da fluorescência da

clorofila *a*. Todas as leituras foram feitas no período da manhã, de 6 às 10 horas, em folhas jovens totalmente expandidas (3ª ou 4ª folha a partir do ápice), previamente adaptadas ao escuro por um período de 30 minutos, suficiente para a oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons. A intensidade da luz regulada no equipamento foi de 3000 μmol (fótons) e o ganho ajustado em 0.8. A fluorescência transiente OJIP (Tabela 2) foi analisada conforme o teste JIP com base na Teoria de Fluxo de Energia em Biomembranas (STRASSER et al., 2004).

Análise Estatística

Todas as análises pertinentes foram realizadas no *software* estatístico R (R CORE TEAM 2019) com auxílio do pacote 'ExpDes.pt' (FERREIRA, CAVALCANTI, e NOGUEIRA, 2017). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Foi utilizado o teste F a 5%. Quando significativos, foi utilizado o teste de Tukey para o fator qualitativo (manejo) e regressões linear ou quadrática para o fator quantitativo (adubação). A escolha da equação que melhor se adaptou no fator quantitativo foi determinada pelo teste F ($p < 0,05$) e o coeficiente de determinação R^2 ($> 50\%$).

Tabela 2: Abreviação dos parâmetros, fórmulas e descrições dos dados da fluorescência da clorofila *a*.

Parâmetros do Teste JIP	Descrição
<i>Parâmetros da fluorescência</i>	
F_0	Fluorescência inicial
F_m	Fluorescência máxima
<i>Parâmetros calculados</i>	
F_v	Fluorescência variável
<i>Rendimento quântico</i>	
$\phi P_0 = TR_0 / ABS = [1 - F_0 / F_M] = F_V / F_M$	Rendimento quântico primário da fotoquímica
$\phi E_0 = ET_0 / ABS = [1 - (F_0 / F_M)]$. $\psi_0 = \phi P_0$. ψ_1	Eficiência quântica de transferência de elétron
$\phi D_0 = 1 - \phi P_0 = (F_0 / F_M)$	Eficiência quântica de dissipação de energia
<i>Densidade de centro de reações ativos</i>	
RC / CS_M	Densidade de centro de reações ativo
<i>Fluxo de energia por centro de reação</i>	

$$\text{ABS/RC} = M_0 (1/VJ).(1/\phi P_0)$$

Energia absorvida por centro de reação ativo.

$$\text{DI}_0/\text{RC} = (\text{ABS/RC}) - (\text{TR}_0/\text{RC})$$

Energia total dissipada por centro de reação (RC)

Índice de desempenho

$$\text{PI}_{\text{ABS}} =$$

$$(\text{RC/ABS}).(\phi P_0/(1-\phi P_0)).(\psi E_0/(1-\psi E_0)) \text{ Índice de desempenho do fotossistema II}$$

Fonte: Goltsev et al. (2016).

1.2.3 Resultados

Espécie 1: *Inga laurina*

Conforme apresentado na Tabela 3, foi observada interação significativa entre o manejo adotado e as doses de adubação para os parâmetros do teste JIP F_0 , ϕP_0 e ϕD_0 , ABS/RC, DI_0/RC e RC/CS_m . Entretanto, não houve ajuste das equações de regressões para as variáveis ABS/RC, DI_0/RC e RC/CS_m . Quanto aos parâmetros ϕE_0 e PI_{ABS} , não ocorreu diferença significativa.

Tabela 3. Parâmetros do teste JIP de *Inga laurina* em função dos tratamentos de manejo (com poda (CP) e sem poda (SP)) e doses do NPK 04:14:08 após 22 meses do plantio.

Doses	0	40	80	160	320	Média
g cova ⁻¹						
F₀						
CP	766,83 A	663,75 A	635,38 A	663,25 A	758,00 A	697,44
SP	570,31 B	677,17 A	557,67 A	566,00 B	598,17 B	593,86
Média	668,57	670,46	596,52	614,63	678,08	
φP₀						
CP	0,62 B	0,70 A	0,64 A	0,69 A	0,57 B	0,64
SP	0,73 A	0,70 A	0,71 A	0,76 A	0,76 A	0,73
Média	0,67	0,70	0,68	0,72	0,67	
φE₀						
CP	0,27	0,34	0,28	0,33	0,29	0,30
SP	0,38	0,37	0,37	0,39	0,43	0,39
Média	0,33	0,36	0,33	0,36	0,36	
φD₀						
CP	0,38 A	0,31 A	0,36 A	0,31 A	0,43 A	0,36
SP	0,27 B	0,30 A	0,29 A	0,25 A	0,24 B	0,26
Média	0,32	0,30	0,32	0,28	0,33	
ABS/RC						
CP	3,44 A	2,72 A	2,97 A	2,61 A	3,59 A	3,59
SP	2,33 B	2,70 A	2,43 A	2,33 A	2,24 B	2,41

Média	2,88	2,71	2,70	2,47	2,92	
DI₀/RC						
CP	1,39 A	0,87 A	1,15 A	0,82 A	1,67 A	1,18
SP	0,57 B	0,82 A	0,70 A	0,57 A	0,53 B	0,64
Média	0,98	0,84	0,92	0,70	1,10	
RC/CS_m						
CP	741,87 B	992,72 A	813,27 A	983,45 A	702,00 B	846,66
SP	1075,60 A	1013,12 A	919,00 A	1178,05 A	1353,25 A	1107,80
Média	908,73	1002,92	866,14	1080,75	1027,62	
PI_{ABS}						
CP	6,44	10,57	7,60	9,22	7,21	8,21
SP	16,71	12,39	11,55	15,08	21,42	15,43
Média	11,58	11,48	9,57	12,15	14,31	

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

Os maiores valores de F_0 foram obtidos na menor e na maior dose de adubação quando as plantas foram expostas a pleno sol. As demais médias não apresentaram diferença significativa (Tabela 3). Desdobrando o efeito das doses dentro de cada manejo, ajustou-se a regressão do tipo quadrática dentro do manejo CP (Figura 1A), porém sem o que dentro do manejo SP, que apresentou média de F_0 de 593,86. O ponto de menor valor de F_0 calculado na regressão da poda foi de 634,15 na dose de 151,78g do NPK. Não foi possível o ajuste para o manejo SP, que apresentou média de F_0 de 593,86 (Figura 1B).

Os parâmetros biofísicos do teste JIP foram influenciados pelas doses de NPK aplicadas. Os valores do rendimento quântico primário da fotoquímica (ϕP_0) e do rendimento quântico de dissipação de energia (ϕD_0) diferiram significativamente com a poda das plantas. A redução do ϕP_0 e o aumento do ϕD_0 ocorreu nas doses de 0 e 320g de NPK (Tabela 3). Os tratamentos manejo e adubação não influenciaram o rendimento quântico de transporte de elétrons (ϕE_0). Analisando o desdobramento da interação dentro de cada nível de manejo, observou-se que dentro do manejo CP, houve ajuste da regressão para os dois parâmetros. O máximo valor calculado de ϕP_0 foi de 0,70 e o valor mínimo de ϕD_0 foi de 0,31, ambos estimados na dose de 150g de NPK (Figura 2A e 2B). Dentro do manejo SP, não houve ajuste das equações, sendo a média dos parâmetros ϕP_0 e ϕD_0 de 0,73 e 0,26 respectivamente (Tabela 3).

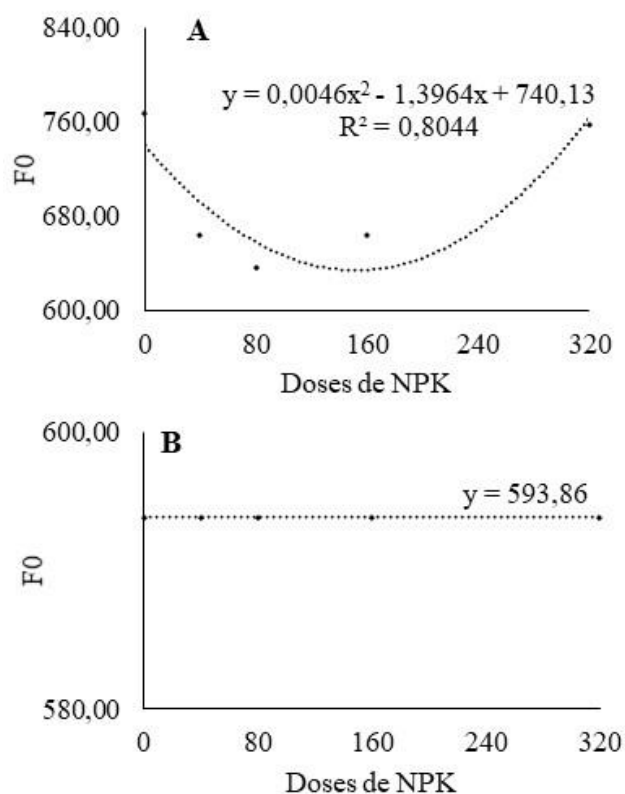


Figura 1: Fluorescência inicial (F_0) em plantas de *Inga laurina* expostas a pleno sol 24h após a poda (**A**) e sem poda (**B**) em função das doses do NPK 04:14:08 após 22 meses do plantio.

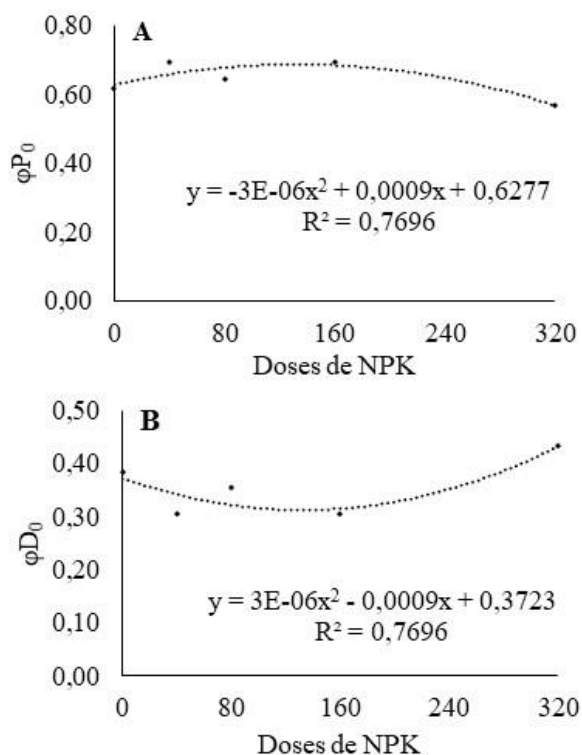


Figura 2: **A** - Rendimento quântico primário da fotoquímica (ϕP_0) e **B** - rendimento quântico de dissipação de energia (ϕD_0) em plantas de *Inga laurina* expostas a pleno sol 24h após a poda em função das doses de NPK 04:14:08 após 22 meses do plantio.

Comparando os manejos CP e SP dentro das doses 0 e 320g de NPK, ambas implicaram num aumento do fluxo de energia para a absorção (ABS/RC) e também no aumento do fluxo de energia de dissipação por centro de reação (DI_o/RC). Esses aumentos foram acompanhados por um menor número de centro de reações por seção transversal (RC/CS_m), todavia, sem efeito no índice de desempenho (PI_{ABS}), que apresentou os coeficientes de variação na parcela 67,2% e na subparcela 40,5% (Tabela 3). Para o desdobramento da interação das doses dentro de cada nível de manejo não foi possível o ajuste das equações com base nos modelos propostos.

Espécie 2: Psidium cattleyanum

Conforme a Tabela 4, foi observado interação significativa entre o manejo adotado e as doses de adubações nos parâmetros F_0 , φP_0 , φE_0 , φD_0 , ABS/RC, DI_o/RC e PI_{ABS}. Entretanto, houve ajuste das equações de regressões apenas no parâmetro F_0 . Quanto ao parâmetro RC/CS_m, não se observou diferença significativa.

Os maiores valores de F_0 foram obtidos na menor e na maior dose de adubação no manejo CP. As demais médias não apresentaram diferença significativa para esse parâmetro (Tabela 4). Desdobrando o efeito das doses dentro de cada manejo, ajustou-se a regressão do tipo quadrática dentro do manejo CP (Figura 3A), porém sem ajuste para o manejo SP que apresentou média de F_0 de 619,61 (Figura 3B). O ponto de menor valor de F_0 calculado na regressão da poda foi de 610,24 na dose de 165,28g do NPK.

Tabela 4. Parâmetros do teste JIP de *Psidium cattleyanum* em função dos tratamentos de manejo (com poda (CP) e sem poda (SP)) e doses do NPK 04:14:08 após 22 meses do plantio.

Doses	0	40	80	160	320	Média
	g cova ⁻¹					
F_0						
CP	730,50 A	621,80 A	634,75 A	627,55 A	683,63 A	659,65
SP	567,53 B	666,17 A	637,67 A	609,67 A	617,00 B	619,61
Média	649,02	643,98	636,21	618,61	650,31	
φP_0						
CP	0,67 A	0,69 A	0,68 A	0,67 A	0,65 A	0,67
SP	0,71 A	0,63 B	0,58 B	0,67 A	0,69 A	0,66
Média	0,69	0,66	0,63	0,67	0,67	
φE_0						
CP	0,28 B	0,34 A	0,33 A	0,29 A	0,28 A	0,30
SP	0,36 A	0,24 B	0,21 B	0,29 A	0,30 A	0,28

Média	0,32	0,29	0,27	0,29	0,29	
ϕD_0						
CP	0,33 A	0,31 B	0,32 B	0,33 A	0,35 A	0,33
SP	0,29 A	0,37 A	0,42 A	0,33 A	0,31 A	0,34
Média	0,31	0,34	0,37	0,33	0,33	
ABS/RC						
CP	3,30 A	3,02 B	2,81 B	3,40 A	3,04 A	3,11
SP	2,74 A	4,06 A	4,35 A	3,51 A	3,54 A	3,64
Média	3,02	3,54	3,58	3,46	3,29	
DI₀/RC						
CP	1,15 A	0,95 B	0,93 B	1,14 A	1,08 A	1,05
SP	0,85 A	1,57 A	1,86 A	1,22 A	1,13 A	1,33
Média	1,00	1,26	1,39	1,18	1,11	
RC/CS_m						
CP	867,83	823,98	838,14	695,58	814,41	807,99
SP	912,60	621,22	450,51	757,91	741,39	696,73
Média	890,21	722,60	644,33	726,75	777,90	
PI_{ABS}						
CP	7,10 B	9,00 A	8,84 A	5,62 A	6,08 A	7,33
SP	13,94 A	3,78 A	2,22 B	6,03 A	5,46 A	6,29
Média	10,52	6,39	5,53	5,83	5,77	

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

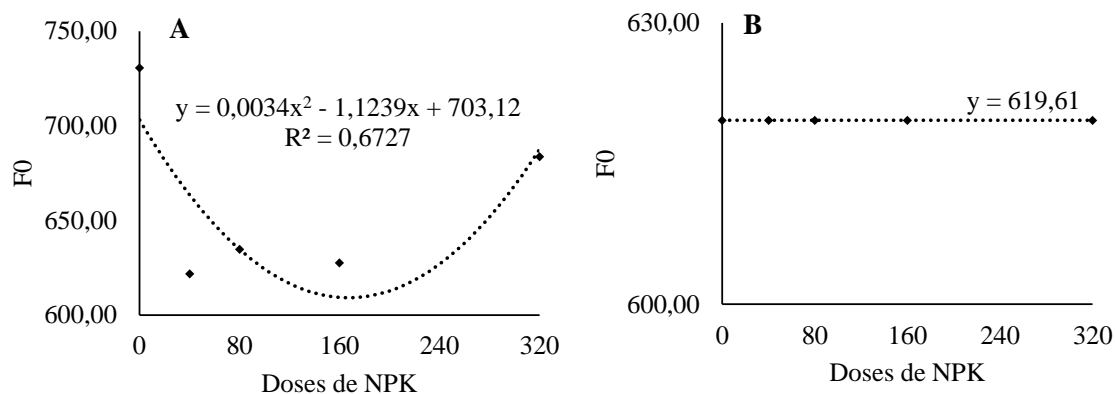


Figura 3: Fluorescência inicial (F_0) em plantas de *Psidium cattleyanum* expostas a pleno sol 24h após a poda (**A**) sem poda (**B**) em função das doses do NPK 04:14:08 após 22 meses do plantio.

Houve redução significativa nos parâmetros ϕP_0 e ϕE_0 dentro das doses 40 e 80g de NPK no manejo SP (Tabela 4). Essa redução, nas mesmas doses, foi acompanhada por um maior fluxo de energia de dissipação (ϕD_0) no manejo SP, diferindo estatisticamente do manejo CP (Tabela 4). Com exceção da dose 0g de NPK, que apresentou uma queda significativa no fluxo de energia para o transporte de elétrons (ϕE_0) no manejo CP, não houve diferença estatística nas demais doses. No

desdobramento da interação das doses dentro de cada nível de manejo, não foi possível o ajuste das equações com base nos modelos propostos.

Comparando os manejos CP e SP dentro das doses 40 e 80 g de NPK, ambas implicaram num menor fluxo de energia para absorção (ABS/RC) e também um menor fluxo de energia de dissipação por centro de reação (DI₀/RC). Essas reduções não influenciaram no número de centro de reações (RC/CS_m), porém, um aumento de PI_{ABS} mostrou ser significativo o efeito da dose de 80g no manejo CP, diferindo do manejo SP (Tabela 4). Também houve diferença estatística na dose 0g de NPK, que mostrou uma redução do PI_{ABS} no manejo CP. Ainda nesse parâmetro, não foi possível o ajuste das equações no desdobramento da interação das doses dentro de cada nível de manejo.

1.2.4 Discussão

Este estudo envolveu a análise de fluorescência transiente da clorofila *a* em duas espécies nativas da restinga, cultivadas num fundo de cava de extração de argila, após um manejo de poda com diferentes tratamentos de adubação no momento do plantio. As espécies apresentaram alterações distintas nos parâmetros do teste JIP em função dos tratamentos, com exceção de F₀.

Tanto para a espécie *Inga laurina* quanto para a espécie *Psidium cattleianum*, observou-se que os maiores valores de F₀ foram associados a menor e maior dose (0 e 320 g de NPK, respectivamente) quando expostas a luz. Aumento na fluorescência inicial em plantas induzidas ao estresse luminoso é dependente da espécie (DIAS e MARENCO, 2006). O mecanismo que atua diante da condição de estresse em cada planta pode apresentar-se de diferentes formas. Porém, neste estudo, esse parâmetro demonstrou o mesmo comportamento para as duas espécies. Aumento em F₀ é relacionado a menores taxas de capturas de energia pelo PSII e menor número de centro de reações ativos (CIPRIANO et al., 2021) e também é indicativo de danos na proteína D1 (KALAJI et al., 2011). Plantas expostas repentinamente a luz solar como em uma abertura de clareiras, que acontece naturalmente nas florestas, são potencialmente levadas a dano do aparato fotossintético, causando fotoinibição, provavelmente pela inativação da proteína D1 do FS2, prejudicando o transporte de elétrons (TAKAHASHI e BADGER, 2011). Os valores de F₀ para as doses 40 e 80g de NPK, em ambas as espécies, não diferiram entre os manejos CP e SP, o que sugere que essas doses do adubo auxiliaram as plantas expostas a luz na atenuação

do estresse luminoso. A fotossíntese é um dos parâmetros utilizado no diagnóstico de alterações fisiológicas nas plantas em situações de estresse, como o efeito da luz intensa, a alta e a baixa quantidade de nutriente (LACERDA et al., 2012). Pinheiro et al. (2020) observaram menor crescimento nas plantas de *Inga laurina* nas doses 0 e 320g de NPK. Estes resultados mostram que a deficiência e a toxidez de nutrientes proporcionada pelo adubo pode afetar o desenvolvimento das plantas (ELEMIKE et al., 2019). Por outro lado, a maior dose da adubação (320g) manteve o crescimento das plantas de *Psidium cattleianum*.

A falta da adubação, assim como o excesso, afeta todo o desenvolvimento da planta, fazendo com que a nutrição mineral tenha o desafio de fornecer os nutrientes nas quantidades e proporções adequadas a cada espécie e fase de desenvolvimento. (RODRIGUES et al., 2019). O fornecimento adequado de nutrientes permite que as plantas possam expressar o seu melhor desempenho fisiológico (NATALE et al., 2018). Nas doses de 151,78g do NPK para *Inga laurina* e 165,28g do NPK para *Psidium cattleianum* no manejo CP, foram observados os melhores desempenhos em função dos menores valores de F_0 .

Os valores de referência da razão F_v/F_m ou ϕP_0 , quando ausente de fatores que condicionam estresse ambiental as plantas, geralmente, são obtidos entre 0,75 a 0,85 (BOLHAR-NORDENKAMPF et al. 1989; NINA et al., 2020). A redução desses valores é um indicativo de danos fotoinibitórios (BUSSOTTI et al., 2020; CHEN et al., 2020). Para *Inga laurina*, os menores valores de ϕP_0 foram observados no manejo CP nas doses de 0g e 320g de NPK e para *Psidium cattleianum*, os menores valores foram observados no manejo SP nas doses 40g e 80g de NPK. Essa queda indica uma insuficiência na transferência de energia do complexo antena para os centros de reações (RC), elevando, assim, a eficiência quântica de dissipação de energia, demonstrada por ϕD_0 para as mesmas doses em cada espécie (PAUNOV et al., 2018). O aumento em F_0 foi um indicativo de que a exposição a luz causou danos ao PSII, e essa ideia, foi confirmada pela redução de ϕP_0 .

Na espécie *Inga laurina*, quando as plantas foram podadas (manejo CP), os valores de ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0 foram mantidos nas doses 40g, 80g e 160g de NPK, levantando a hipótese de que o uso de nutrientes diminui o estresse causado pela exposição das plantas à luz, indicando possível aclimatação das mudas. Considerando a espécie *Psidium cattleianum*, observou-se esse comportamento apenas nas doses 160g e 320g de NPK para os mesmos parâmetros ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0 .

A deficiência nutricional afeta estruturas e funções do aparelho fotossintético das plantas, como observado no estudo, em que alterações significativas nos parâmetros ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0 foram identificadas em funções de alguns nutrientes, dentre eles o N, P e K (KALAJI et al., 2014). Perez-Priego et al. (2015) identificaram que a resposta fotossintética à curva de luz, após três semanas da adubação com fonte de N era maior quando comparado aos tratamentos sem N. A limitação de fósforo no início do ciclo de vida acaba por implicar em restrições ao longo de todo o desenvolvimento das plantas, dificultando-se a compensação, em virtude do manejo no solo (LIMA et al., 2018). O benefício desse nutriente nas plantas é relatado na literatura, visto que algumas espécies foram induzidas ao estresse por metais pesados e o nutriente P foi capaz de diminuir o estresse induzido por esses agentes (JIANG et al., 2009; HE et al., 2011; BARGAZ et al., 2013). Além do mais, um estudo com a espécie *Bertholletia excelsa* Bonpl. demonstrou que o fósforo junto com a calagem foi capaz de minimizar os efeitos do estresse causado pela alta irradiância (COSTA, JAQUETTI e GONÇALVES, 2019).

Em *Psidium cattleyanum*, a ausência de redução significativa em RC/CS_m associada aos maiores valores em ABS/RC e DI₀/RC no manejo SP e nas doses 40 e 80 g de NPK sugere maior fluxo de absorção e dissipação da energia não utilizada (PATEL, TIWARI e PRASAD, 2018; VULETIĆ e ŠPANIĆ, 2020). Aumentos em ABS/RC e DI₀/RC têm sido relacionados a condições de estresse hídrico, altas temperaturas, alta irradiância e deficiência nutricional, como observado por Bano et al. (2021), Chen et al.(2020), Orekhova et al.(2021) e Costa et al.(2019) respectivamente.

Reduções significativas de RC/CS_m verificados para *Inga laurina* nas doses 0g e 320g de NPK é um indicativo que a falta e o excesso de adubo não amenizaram os danos as plantas quando foram expostas a luz direta, levando a conversão de RCs ativos a inativos (KALAJI et al., 2014). Com isso, a inativação dos RC desencadeia um maior fluxo de absorção e dissipação de energia, como observado ABS/RC e DI₀/RC, que comprovam a redução de RC ativos (PAUNOV et al., 2018; SHA et al., 2019). A inativação desses centros de reações ativos tem sido considerada um dos mecanismos de proteção contra danos foto-oxidativos quando as plantas apresentam deficiência nutricional (KALAJI et al., 2018).

Por fim, a diminuição observada nos valores de PI_{ABS}, associada à diminuição do ϕP_0 , também é um indicativo de fotoinibição (THACH et al., 2007; BLIND et al.,

2018) e pode ser observado nas doses 0 no manejo CP e na dose 80 no manejo SP em *Psidium cattleianum*. No manejo com CP, as reduções nos parâmetros para essa espécie estão, provavelmente, ligadas aos danos no aparelho fotossintético da planta devido a exposição a luz, como discutido acima. Por outro lado, no manejo SP, a redução dos parâmetros pode estar relacionada com uma competição entre as espécies no ambiente de sombra por recursos do meio, uma vez que as cinco plantas obtiveram o mesmo manejo de adubação e possuem comportamentos diferentes, como no hábito de crescimento, pois pertencem a grupos ecológicos distintos. Na espécie *Inga laurina*, apesar dos danos discutidos, não houve perda significativa da eficiência fotoquímica em nenhum dos tratamentos aplicados.

1.2.5 Conclusão

Inga laurina e *Psidium cattleianum* diferem entre si na resposta à luz.

A ausência e o excesso de adubo prejudicaram a fotossíntese de *Inga laurina* sobre o estresse luminoso. Para *Psidium cattleianum*, as melhores respostas dos parâmetros estudados foram alcançadas nas doses de 160 e 320g do NPK.

A adubação com NPK atenuou os efeitos da fotoinibição.

Referências

ALMEIDA, R. O. P. O. & SÁNCHEZ, L. E. Indicadores da Qualidade do Substrato para Monitoramento de Áreas de Mineração Revegetadas. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 153-163, 2015.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. De M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

BANO, H.; ATHAR, H.; ZAFAR, Z. U.; KALAJI, H. M. & ASHRAF, M. Linking changes in chlorophyll a fluorescence with drought stress susceptibility in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Physiologia Plantarum**, v. 172, p. 1244-1254, 2021.

BARGAZ A.; FAGHIRE M.; FARISSI M.; DREVON JJ. & GHOULAM C. Oxidative stress in the root nodules of *Phaseolus vulgaris* is induced under conditions of phosphorus deficiency. **Acta Physiol Plant**, v. 35, n. 5, p. 1633-1644, 2013.

BAZZAZ, F.A. & PICKETT, S.T.A. "Physiological ecology of tropical succession: a comparative review". **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 11, p. 287-310, 1980.

BLIND, M. R.; COSTAS, K. C. P. da; SILVA, C. E. M. da; SAMPAIO, P. de T. B. & GONÇALVES, J. F. de C. Fotossíntese de espécies de Anibae em resposta à

exposição a ambientes contrastantes de luz. **Rodriguésia**, v. 68, n. 2, p. 397-407, 2018.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; Baker, N. R.; Oquist, G.; SCHREIBER, U. & LECHNER, E. G. Chlorophyll Fluorescence as a Probe of the Photosynthetic Competence of Leaves in the Field: A Review of Current Instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989.

BURCHER, C. A.; BURCHER, C. P. C.; ARAUJO, A. P. de & SPERADIO, M. V. L. Fósforo. *IN*: FERNANDES, M. S. F.; SOUZA, S. R. de & SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas** (2º Ed.). Viçosa-MG: SBCS, 2018, 670 p.

BUSSOTTI, F.; GEROSA, G.; DIGRADO, A. & POLLASTRINI, M. Selection of chlorophyll fluorescence parameters as indicators of photosynthetic efficiency in large scale plant ecological studies. **Ecological Indicators**, v. 108, 10 p., 2020.

CHEN, Y.; HONGRUI, W.; BEINING, Z.; SHIXING, G.; ZIHAN, W.; YUE, W.; HUIHUI, Z. & GUANGYU, S. Elevated air temperature damage to photosynthetic apparatus alleviated by enhanced cyclic electron flow around photosystem I in tobacco leaves. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 204, 10 p., 2020.

CHEN, Y. E.; MAO, H.; WU, N.; DIN, A. M.U.; KHAN, A.; ZHANG, H. & YUAN, S. Salicylic Acid Protects Photosystem II by Alleviating Photoinhibition in *Arabidopsis thaliana* under High Light. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 4, 17 p., 2020.

CIPRIANO, R.; MARTINS, J. P. R.; RODRIGUES, L. C. de A.; FALQUETO, A. R. & GONTIJO, A. B. P. L. Impact of saline solution on growth and photosystem II during in vitro cultivation of *Bromelia antiacantha* (Bromeliaceae). **Rodriguesia**, v. 72, 10 p., 2021.

COSTA, K. C. P. da; JAQUETTI, R. K. & GONÇALVES, J. F. de C. Chlorophyll a fluorescence of *Bertholletia excelsa* Bonpl. plantations under thinning, liming, and phosphorus fertilization. **PHOTOSYNTHETICA**, v. 58, p. 323-330, 2019.

CUZZUOL, G. R. F.; CANAL, E. C.; GAMA, V. N. & ZANETTI, L. V. Relações do N, P e K com a fluorescência da clorofila, teores de nutrientes foliares e carboidratos solúveis do caule de *Caesalpinia echinata* Lam. **Hoehnea**, v. 43, n. 1, p. 151-158, 2016.

DIAS, D. P. & MARENCO, R. A. Photoinhibition of photosynthesis in *Minquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* inferred by monitoring the initial fluorescence. **Photosynthetica**, v. 44, n. 2, p. 235-240, 2006.

ELEMIKE, E. E.; UZOH, I. M.; ONWUDIWE, D. C. & BABALOLA, O. O. The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production. **Appl. Sci.**, v. 9, n. 3, 32 p., 2019.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., & NOGUEIRA, D. A. (2017). **Package 'ExpDes.pt': Experimental Designs Package (Portuguese)**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>>.

GOLTSEV, V. N.; KALAJI, H. M.; PAUNOV, M.; PAUNOV, M.; BABA, W.; HORACZEK, T.; MOJSKI, J.; KOCIEL, H. & ALLAKHVERDIEV, S. I. Variable Chlorophyll Fluorescence and Its Use for Assessing Physiological Condition of Plant Photosynthetic Apparatus. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 63, n. 6, p. 869-893, 2016.

HE, G.; ZHANG, J.; HU, X. & WU, J. Effect of aluminum toxicity and phosphorus deficiency on the growth and photosynthesis of oil tea (*Camellia oleifera* Abel.) seedlings in acidic red soils. **Acta Physiol Plant**, v. 33, p. 1285-1292, 2011.

HERNÁNDEZ, I. & MUNNÉ-BOSCH, S. Linking phosphorus disponibilidade with photo-oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 10, p. 2889-2900, 2015.

IEMA 2018 - INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Lista de espécies indicadas para recuperação de áreas degradadas no estado do Espírito Santo. 2018. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/GRN/Core/Lista%20de%20especies%20nativas%20recomendadas%20para%20restauracao.xls>

JIANG, H.; TANG, N.; ZHENG, J.; LI, Y. & CHEN, L. Phosphorus alleviates aluminum-induced inhibition of growth and photosynthesis in *Citrus grandis* seedlings. **Physiologia Plantarum**, v. 137, n. 3, p. 298-311, 2009.

KALAJI, H. M.; BABA, W.; GEDIGA, K.; GOLTSEV, V.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; DIMITROVA, S.; PISZCZ, U.; BIELECKI, K.; KARMOWSKA, K.; DANKOV, K. & KOMPALA-BABA, A. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. **Photosynthesis Research**, v. 136, p. 329-343, 2018.

KALAJI, H. M.; GOVINDJEE; BOSA, K.; KÓSCIEINIAK, J. & ZUK-GOLASZEWSKA, K. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. **Environmental and Experimental Botany**, v. 73, p. 64-72, 2011.

KALAJI, H. M.; OUKARROUM, A.; ALEXANDROV, V.; KOUZMANOVA, M.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; ALLAKHVERDIEV, S. I. & GOLTSEV, V. Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by in vivo chlorophyll a fluorescence measurement. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 81, p. 16-25, 2014.

KARLEN, D. L. & RICE, C. W. Soil Degradation: Will Humankind Ever Learn? **Sustainability**, v. 7, p. 12490-12501, 2015.

LACERDA, F. H. D.; MACEDO, E. C. F; FORTUNATO, T. C. de S.; MEDEIROS, J. E. de & CAMPOS, J. E. Júnior. Substrato e concentração de nutrientes na solução nutritiva na produção de couve manteiga. **Revista verde**, v. 7, n. 4, p. 51-58, 2012.

LAL, R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. **Sustainability**, v. 7, p. 5875-5895, 2015.

LEINFELDER, R. R.; IRAMINA, W. S. & ESTON, S. M. de. Mining as a tool for reclamation of a Degraded Area. **Rem: Rev. Esc. Minas**, v. 68, n. 2, p. 215-220, 2015.

LIMA, G. de A.; ROCHA, B. D. da; ROCHA, J. S. da; ALVES, F. R. N.; OLIVEIRA, D. V. de; LOBATO, L. F. de L.; FIGUEIRA, E. P. de O. & BARBOSA, K. S. S. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de cumaru. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 136-146, 2018.

MENSAH, A. K. Role os revegetation in restoring fertility of degraded mined soils in Ghana: A review. **International Journal of Biodiversity and Conservatio**, v. 7, n. 2, p. 57-80, 2015.

NATALE, W.; LIMA NETO, A.J. DE; ROZANE, D.E; PARENT, L.E. 2018. Mineral nutrition evolution in the formation of fruit tree rootstocks and seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.40, n.6, p.1-15.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; FARAH, F. T.; SILVA, C. C. & LAMONATO, F. **Manual de restauração ecológica** - técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia. 2016, 56 p.

NINA, A. da R., Junior; MAIA, J. M. F.; MARTINS, S. C. V. & GONÇALVES, J. F. de C. Photochemical Efficiency and Oxidative Metabolism of Tree Species during Acclimation to High and Low Irradiance. **Plants**, v. 9, n. 8, 21 p., 2020.

OREKHOVA, A.; BARTÁK, M.; CASANOVA-KATNY, A. & HÁJEK, J. Resistance of Antarctic moss *Sanionia uncinata* to photoinhibition: chlorophyll fluorescence analysis of samples from the western and eastern coasts of the Antarctic Peninsula. **Plant Biology**, v. 23, n. 4, p. 653-663, 2021.

PATEL, A.; TIWARI, S. & PRASAD, S. M. Toxicity assessment of arsenate and arsenite on growth, chlorophyll a fluorescence and antioxidant machinery in *Nostoc muscorum*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 157, p. 369-379, 2018.

PAUNOV, M.; KOLEVA, L.; VASSILEV, A.; VANGRONSVELD, J. & GOLTSEV, V. Effects of Different Metals on Photosynthesis: Cadmium and Zinc Affect Chlorophyll Fluorescence in Durum Wheat. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 3, 13p. 2018.

PEREZ-PRIEGO, O.; GUAN, J.; ROSSINI, M.; FAVA, F.; WUTZLER, T.; MORENO, G.; CARVALHAIS, N.; CARRARA, A.; KOLLE, O; JULLITA, T.; SCHRUMPF, M.; REICHSTEIN, M. & MIGLIAVACCA, M. Sun-induced chlorophyll fluorescence and photochemical reflectance index improve remote-sensing gross primary production estimates under varying nutrient availability in a typical Mediterranean savanna ecosystem. **Biogeosciences**, v. 12, p. 6351-6367, 2015.

PINHEIRO, A. P. B.; JARDIM, A. dos S.; SILVA, J. V. G.; FERNANDES, A. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, L. F. T. de; SCHMILDT, E. R. & MACHADO, F. S. Soil preparation and NPK fertilization in the planting of five Atlantic Rainforest species in a clay extraction área. **Ciência e Natura**, v. 42, 2020.

R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, F. A.; EINHARDT, A. M.; RIOS, J. A.; SILVEIRA, P. R.; ELMER, W. H. & DATNOFF, L. E. Fósforo. 2019. *IN: Nutrição e Adubação: Grandes Culturas na região do Cerrado*. Flores, R. A., Cunha, P. P. da, Marchão, R. L. & Moraes, M. F. 591p.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; MARTINS, M. A. & MENDONÇA, A. V. R. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas**, v. 5, n. 10, p. 88-105, 2006.

SANTOS, J. H. da S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; SOUZA, A. L. de; SANTOS, E. de S. & MEUNIER, I. M. J. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **R. Árvore**, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SCHIAVO, J. A.; CANELLAS, L. P. & MARTINS, M. A. Revegetação de cava de extração de argila com *Acacia mangium*: I - atributos químicos do solo, ácidos fúlvicos e húmicos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 31, n. 5, p. 1153-1162, 2007.

SHA, S.; CHENG, M.; HU, K.; ZHANG, W.; YANG, Y. & XU, Q. Toxic effects of Pb on *Spirodela polyrhiza* (L.): Subcellular distribution, chemical forms, morphological and physiological disorders. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 181, p. 146-154, 2019.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S. & POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. **International Journal of Soil, Sediment and Water**, v. 3, n. 2, 21 p., 2010.

SILVA, C. F. da; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; SILVA, E. M. R. da; PEREIRA, M. G.; FREITAS, M. S. M.; SAGGIN, O. J. Júnior & Martins, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 749-761, 2012.

SOUZA, G. M. & RIBEIRO, R. V. Respostas fisiológicas às variações ambientais de espécies tropicais arbóreas de diferentes classes sucessionais: alterações na fluorescência da clorofila, trocas gasosas e dissipação térmica. In: Prado, CHBA; Casali, CA. **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, editora Manole, 2006. Publicado em maio de 2008.

SOUZA, S. R. & FERNANDES, M. S. Nitrogênio. *IN: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. & SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de plantas*, Viçosa – MG, 2018, 670 p.

STRASSER R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M. & SRIVASTAVA A. **Analysis of the fluorescence transient**. In: Papageorgiou GC, Govindjee, editors. Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis. Advances in photosynthesis and respiration series. Dordrecht: Springer. p. 321–362, 2004.

THACH, L.B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. **Photosynthesis Research**, v. 94, n. 2, p. 423-436, 2007.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal** (6a. ed). Porto Alegre: Artmed. 2017, 627p.

TAKAHASHI, S. & BADGER, M. R. Photoprotection in plants: a new light on photosystem II damage. **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 1, p. 53-60, 2011.

VULETIĆ, M. V. & ŠPANIĆ, V. Characterization of photosynthetic performance during natural leaf senescence in winter wheat: Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization. **Photosynthetica**, v. 58, p. 301-313, 2020.

WIEDENHOEFT, A. C. **The Green World: Plant nutrition**. New York: Copyrigh. 2006, 153 p.

WRIGHT, S. J.; YAVITT, B. J.; WURZBURGER, N.; TURNER, B. L.; TANNER, E. V. J.; SAYER, E. J.; SANTIAGO, L. S.; KASPARI, M.; HEDIN, L. O.; HARMS, K. E.; GARCIA, M. N. & CORRE, M. D. Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. **Ecology**, v. 92, n. 8, pp. 1616–1625, 2011.

YADA, M. M.; MINGOTTE, F. L. C.; MELO, W. J. de; MELO, G. P. de; MELO, V. P. de; LONGO, R. M. & RIBEIRO, A. I. Atributos Químicos e Bioquímicos em Solos Degradados por Mineração de Estanho e em Fase de Recuperação em Ecossistema Amazônico. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 714-724, 2015.