



Estudos em
CIÊNCIAS
FLORESTAIS E
AGRÁRIAS

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)



**Estudos em
CIÊNCIAS
FLORESTAIS E
AGRÁRIAS**

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)

LICURI

© 2023 Editora Licuri
Rua Florianópolis, 800
CEP: 58417-240 - Campina Grande, Paraíba
E-mail: contato@editoralicuri.com.br
Site: editoralicuri.com.br

Produção Editorial

Editor Chefe: Dr. Jaily Kerller Batista de Andrade

Revisão: Os Autores

Diagramação e Capa: Aline Soares de Barros

Créditos da capa: Editora Licuri

Conselho Editorial:

Dra. Sandra Bezerra da Silva
Dr. Luiz Gustavo de Souza e Souza
Dra. Sandra Bezerra da Silva
Dr. Leandro Donizete Moraes
Dra. Priscila Bernardo Martins
Dr. João Paulo Laranjo Velho
Dra. Nádia Vilela Pereira
Msc. Aécio Dantas de Sousa Júnior
Msc. Jaqueline Rocha de Medeiros
Msc. Jéssica Grama Mesquita

A554 Andrade, Jaily Kerller Batista.
Estudos em Ciências Florestais e Agrárias/ Jaily Kerller
Batista de Andrade - Campina Grande: Licuri, 2023.

Livro digital (203 f.: il.)
ISBN 978-65-85562-01-0
DOI <https://doi.org/10.58203/Licuri.2010>

Modo de acesso: World Wide Web

1. Meio Ambiente - Brasil. 2. Ciências Florestais - Brasil. 3. Agrárias. I. Andrade, Jaily Kerller Batista, org, II. Título. Brasil. Meio ambiente. III. Título. Estudos em Ciências Florestais e Agrárias.

CDD - 363



O conteúdo deste livro está licenciado sob atribuição de licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

O conteúdo dessa obra e a sua revisão expressam estudos, opiniões e abordagens que são de responsabilidade exclusiva dos autores.

APRESENTAÇÃO

A obra que apresentamos conta com uma variedade de capítulos que abrangem diferentes áreas da ciência florestal e agrícola, fornecendo um panorama amplo dos temas abordados. Desde a descrição morfológica e caracterização anatômica do colmo maduro do bambu gigante da Amazônia (*Guadua aff. lynnclarkiae*) até a viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica com biomassa florestal, os capítulos apresentam uma riqueza de informações valiosas para pesquisadores, estudantes e profissionais das áreas afins.

Os capítulos sobre as dimensões de fibras em árvore de *Corymbia citriodora* com lenho de reação, as contribuições da agroecologia para a construção de um novo direito agrário brasileiro e as considerações sobre a modificação térmica para a melhoria da qualidade do piso de deck de madeira, fornecem conhecimentos específicos e aplicáveis em suas respectivas áreas. O estudo de caso sobre as parcerias empresariais para a criação de consórcio de geração de energia elétrica, por sua vez, oferece uma perspectiva prática e atualizada sobre a gestão de recursos energéticos.

A descrição dendrométrica de povoamento de araucária no instituto federal do sudeste de Minas Gerais, o cultivo do algodão de ponta a ponta com manejo fitotécnico, nutricional e fisiológico, a ecofisiologia da germinação e produção de mudas de jatobazeiro, o estudo fitoquímico da *Melochia tomentosa* L. (Malvaceae) e a aplicação de biofertilizante de polpa de café no desenvolvimento morfológico da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) complementam a obra com suas contribuições valiosas para a compreensão dos aspectos biológicos e culturais da produção agrícola e florestal.

Em suma, esta obra é uma fonte rica e completa de informações sobre ciência florestal e agrícola, apresentando estudos, pesquisas e estudos de caso que contribuem para o desenvolvimento dessas áreas e para a gestão sustentável dos recursos naturais.

SOBRE OS ORGANIZADORES DA OBRA

Jaily Kerller Batista de Andrade

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (2014); Complementação Pedagógica com habilitação em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (2019); Mestrado (2016) e Doutorado (2021) em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo.

SUMÁRIO

Dimensões de fibras em árvore de <i>Corymbia citriodora</i> com lenho de reação	1
Daiana Souza de Jesus; Aécio Dantas De Sousa Júnior; Jessica Grama Mesquita; Francisco Antonio Lopes Laudares; Jaqueline Rocha de Medeiros; Alexandre Miguel do Nascimento	
Contribuições da agroecologia para a construção de um novo direito agrário brasileiro	10
Vanessa de Castro Rosa	
Deck de madeira: considerações sobre a modificação térmica para a melhoria da qualidade do piso	27
Jaily Kerller Batista de Andrade; Juarez Benigno Paes	
Parcerias empresariais para criação de consórcio de geração de energia elétrica: um estudo de caso	46
Amarildo Hersen; Romano Timofeiczuk Junior; João Carlos Garzel; Leodoro da Silva; Dimas Agostinho da Silva	
Descrição dendrométrica de povoamento de araucária no instituto federal do sudeste de Minas Gerais	64
Ralf de Jesus Silva; Carlos Henrique Milagres Ribeiro; Roni Peterson Carlos; Thatyelle Cristina Bonifácio	
O cultivo do algodão de ponta a ponta: manejo fitotécnico, nutricional e fisiológico	73
Anderson dos Santos Dias; Cleberton Correia Santos	
Ecofisiologia da germinação e produção de mudas de jatobazeiro	101
Cleberton Correia Santos; Anderson dos Santos Dias; Juliana Milene Silverio; Sinval Vicenzi Júnior; Silvana de Paula Quintão Scalon; Silvia Correa Santos	
Estudo fitoquímico da <i>Melochia tomentosa</i> L. (Malvaceae)	128
Eliercio Fernandes Campos Soares; Luciana Martins Fernando; Amanda Sabrina Campos Soares; Angeliana de Azevedo Lima; Yanna Carolina Ferreira Teles	

Aplicação de biofertilizante de polpa de café no desenvolvimento morfológico da cultura de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	140
Joseane Oliveira da Silva; Grasielle de Oliveira Cruz; Sara Moreno Pereira Lacerda; Danyella Santos Silveira; Felizardo Adenilson Rocha	
Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal	155
Amarildo Hersen; Romano Timofeiczuk Junior; João Carlos Garzel; Leodoro da Silva; Dimas Agostinho da Silva	
Descrição morfológica e caracterização anatômica do colmo maduro do bambu gigante da Amazônia (<i>Guadua aff. lynnclarkiae</i>)	180
Gabriela Soares Solá; Maria Rosália Nascimento da Costa; Berenice Kussumoto de Alcântara	
Índice remissivo	195

Dimensões de fibras em árvore de *Corymbia citriodora* com lenho de reação

Autores:

Daiana Souza de Jesus

Mestre em Ciências Florestais, doutoranda na universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica

Aécio Dantas De Sousa Júnior

Mestre em Ciências Florestais, doutorando na universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica

Jessica Grama Mesquita

Mestre em Ciências Florestais, doutorando na universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica

Francisco Antonio Lopes Laudares

Mestre em Ciências Ambientais e Florestais, doutoranda na Unicentro - universidade estadual do centro-oeste, Irati, Paraná

Jaqueline Rocha de Medeiros

Mestre em Ciências Florestais, doutoranda na universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica

Alexandre Miguel do Nascimento

Doutor em Ciências Florestais, professor da universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica

DOI: 10.58203/Licuri.20101

Como citar este capítulo:

JESUS, Daiana Souza et al. Dimensões de fibras em árvore de *Corymbia citriodora* com lenho de reação. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). *Estudos em Ciências Florestais e Agrárias*. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 1-9.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

Árvores que, por estímulos genótipos ou mecânicos, desenvolvem lenho de reação possuem em sua madeira fibras diferenciadas. As dimensões das fibras da madeira estão diretamente relacionadas com suas características físicas e mecânicas, podendo ser determinante para seu uso final. Esse trabalho teve como objetivo determinar a variação das dimensões das fibras em diferentes alturas e em diferentes posições radiais em madeira de *Corymbia citriodora*. Para isso, foram retirados 8 discos a cada 1,5 metros ao longo do tronco das árvores, desses discos foram retiradas amostras no sentido radial dos quatro lados da medula, respeitando as seguintes direções: lenho de reação, lenho posto, lado direito e lado esquerdo à medula. Em cada uma dessas posições retirou-se amostras distanciadas a cada 2,5 cm. Fez-se a maceração e as fibras foram observadas em microscópio, medindo-se o comprimento, o diâmetro, o diâmetro do lúmen e a espessura da parede das fibras. Para a madeira das árvores estudadas, pôde-se concluir que: O comprimento médio geral das fibras foi de 1.12 mm, espessura da parede média geral 6.69 μm , a largura média foi de 18.01 μm e o diâmetro médio geral do lúmen foi de 4.65 μm . O lenho de reação apresenta fibras com maiores comprimentos, menores espessuras de parede, largura da fibra e diâmetro do lúmen quando comparado ao lenho oposto. As características do lenho de reação foram mais evidenciadas nas alturas intermediárias da árvore (6,0 e 7,5 metros).

Palavras-chave: Anatomia da madeira. Lenho de tração. Excentricidade da madeira.

INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto apresenta importante valor comercial, sendo utilizada mundialmente em diversas áreas. Conhecer as propriedades e características da madeira é de fundamental importância para aprimorar as técnicas de utilização e compreender suas propriedades visando o melhor uso.

A grande diversidade de espécies do gênero, com diferentes características possibilita uma variedade de usos e aproveitamento de diversas partes da planta. Das folhas, são extraídos os óleos essenciais empregados na fabricação de diversos produtos como de limpeza e alimentícios, em perfumes e até em remédios. O tronco fornece madeira para tábuas, vigas, ripas, painéis, sarrafos, lambris, postes, varas, esteios para minas, mastros para barco, tábuas para embalagens, móveis, etc. Sua fibra é utilizada como matéria-prima para a fabricação de celulose e papel. Há uma forte tendência em utilizá-la, também, para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, carentes de florestas naturais (SHIMIZU, 2006).

Madeira de reação é um tecido que pode ser formado tanto por estímulos genótipos, como por estímulos mecânicos. Geralmente ocorre quando a árvore sofre algum estresse mecânico como ação dos ventos, excesso de luminosidade ou peso na copa. Quando ocorre em folhosas a madeira de reação é também chamada de lenho de tração, sendo caracterizado em diversos estudos pelo baixo teor de lignina e alto conteúdo de celulose, se comparado ao lenho normal. Em suas fibras observa-se, na maioria das vezes, uma camada gelatinosa na parte interna da parede celular secundária. A ocorrência de tecidos de reação na madeira é considerada um defeito, por menor que seja sua quantidade, por causar alterações significativas nas propriedades da madeira (VIDAURRE et al., 2013).

A presença da madeira de reação pode, então, ser encarada como um problema, principalmente para a serraria, pelo fato dessa madeira apresentar dificuldades de trabalhabilidade, sendo mais propensa a rachaduras e apresentar dificuldades de secagem. Por outro lado, a presença de fibras mais longas e o menor teor de lignina pode indicar uma vantagem para o seu uso em fabricação de papel pelo sistema kraft (AGUAYO et al., 2012).

Conhecer a variação das dimensões das fibras de eucalipto com madeira de reação é de fundamental importância para se conhecer as alterações nas propriedades da madeira

para essa espécie. Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar a variação nas dimensões de fibras em árvore de *Corymbia citriodora* com lenho de reação.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas, BA.

A madeira utilizada na realização desse estudo foi obtida de 5 árvores de *Corymbia citriodora*. As árvores foram provenientes de um plantio de aproximadamente 48 anos de idade, localizado na cidade de Cruz das Almas. O elevado grau de inclinação apresentado no tronco e a excentricidade da medula, visualizada após o corte, foram as características que evidenciaram a ocorrência de madeira de reação nas árvores.

Depois da derrubada foram retirados discos ao longo da altura da árvore a cada 1,5 metros, obtendo-se um total de 8 discos por árvore. De cada disco foram retiradas amostras no sentido radial, dos quatro lados da medula. As amostras foram retiradas entre a medula e a casca, respeitando-se as seguintes direções: lenho de reação (LR), lenho oposto (LO), à direita da medula (Lado A) e à esquerda da medula (Lado B)(Figura 1). Em cada uma dessas posições retirou-se amostras no sentido radial a cada 2,5 cm.

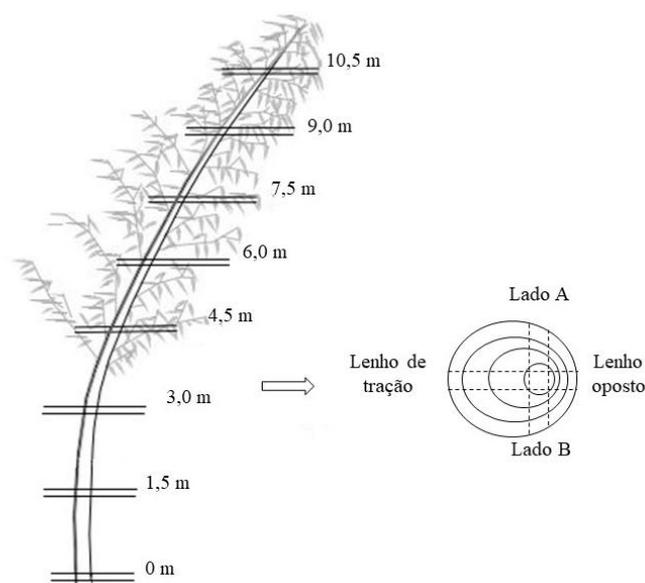


Figura 1. Representação de como foi realizada a amostragem em árvore de *Corymbia citriodora*. Fonte: Os autores.

A mensuração das fibras foi realizada conforme metodologia preconizada por Dadswell (1972). Logo após o preparo dos cortes histológicos, partes das amostras foram reduzidas a palitos finos e mergulhados em frascos de 25 ml contendo uma solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1. Após serem lacrados, os fracos foram colocados em estufa a 60°C por um período de 48 horas. Com a solução decantada, as células suspensas foram lavadas com água destilada, coradas com safranina e as lâminas histológicas foram preparadas utilizando-se glicerina e água destilada na proporção de 1:1. As medições das fibras foram realizadas através de um microscópio óptico adaptado com ocular micrométrica e as leituras aferidas através de uma lâmina micrométrica.

O estudo foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado (DIC). Depois de serem tabulados, os dados passaram por um teste de normalidade, a fim de se conhecer a distribuição do conjunto de dados. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada e quando as variáveis foram significativas, aplicou-se o teste Tukey para comparação de médias em nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 os valores médios para comprimento de fibra, espessura de parede, diâmetro de fibra e diâmetro do lúmen para as quatro posições radiais.

Tabela 1. Média geral de comprimento de fibra (CF), espessura de parede (EP), largura de fibra (LF) e diâmetro de lume (DL) para cada posição radial para *Corymbia citriodora* com lenho de reação.

Posição Radial	CF (mm)	EP (μm)	LF (μm)	DL (μm)
Lenho de tração	1,16 a	6,71 a	18,19 a	4,78 a
Lenho oposto	1,09 c	6,62 a	17,87 a	4,64 a
Lado A	1,11 bc	6,79 a	18,17 a	4,61 a
Lado B	1,12 ab	6,64 a	17,81 a	4,54 a
Média Geral	1,12	6,69	18,01	4,65
CV (%)	30,05	21,95	19,46	25,82

Valores médios seguidos de uma mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

A madeira de reação apresentou comprimento de fibra maior do que o observado nos demais tipos de lenho (1,16 mm). Esse resultado já era esperado pois, segundo diversos autores, na madeira de reação pode ser observado fibras com maior comprimento e em maior proporção do que a madeira normal (Jourez, 1997; Souza, 2004, Ferreira et al., 2008).

O comprimento médio geral das fibras da madeira de eucalipto foi igual a 1,1 mm. Esse valor foi superior aos encontrados por Ferreira et al. (2008) ao avaliar lenho de tração em *Eucalyptus* sp. cultivados em diferentes topografias, tendo seus resultados variando entre 0,99 a 1,02 mm.

A largura de fibra não apresentou diferença estatística significativa entre os lenhos avaliados. Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2004), que ressaltou que a largura das fibras não é um indicador de presença de lenho de reação em folhosas, pois o autor não observou diferença significativa nesse parâmetro em comparação com a madeira normal para a madeira de *E. grandis* com 4 anos e 11 meses de idade.

Para a espessura de parede, assim como diâmetro do lúmen, também não foram observadas diferenças significativas, corroborando com os resultados encontrados por Boschetti et al. (2015), que também não observaram diferença na espessura de parede entre o lenho normal e o oposto em árvores inclinadas de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 6 anos de idade.

Oliveira et al. (2012) ao analisar a anatomia de clones de *Eucalyptus grandis* cultivados em diferentes locais encontraram diâmetro médio da fibra de 18,46 μm . Esse resultado foi semelhante ao encontrado no presente estudo que foi de 18,01 μm . Para diâmetro do lume o valor médio encontrado pelo autor foi de 3,58 μm , diferente do encontrado no presente estudo, que foi de 4,65 μm .

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de dimensões de fibras nas diferentes posições longitudinais da madeira de *Corymbia citriodora*.

Tabela 2. Média geral de comprimento de fibra (CF), espessura de parede (EP), largura de fibra (LF) e diâmetro de lume (DL) para cada posição longitudinal para *Corymbia citriodora* com lenho de reação.

Posição Longitudinal (m)	CF (mm)	EP (μm)	LF (μm)	DL (μm)
0	1,11 bcd	7,48 a	19,67 b	4,72 b
1,5	1,10 cd	6,24 c	17,88 d	5,40 a
3,0	1,11 bcd	7,40 a	20,52 a	5,73 a
4,5	1,15 abc	6,28 c	16,46 e	3,93 c
6,0	1,18 a	6,36 c	16,62 e	3,93 c
7,5	1,17 a	6,19 c	16,35 e	4,00 c
9	1,05 d	7,08 b	18,95 c	4,79 b
10,5	1,06 d	6,42 c	16,96 e	4,13 c
Média Geral	1,12	6,69	18,01	4,65
CV (%)	29,91	20,53	17,51	30,62

Valores médios seguidos de uma mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

Observou-se que as posições longitudinais 6 e 7,5 foram as que apresentaram fibras de maior comprimento e com larguras menores, paredes menos espessas e menores diâmetros do lúmen. Boschetti et al. (2015) observaram que a inclinação do tronco causou alterações na largura e no diâmetro do lume das fibras, na média geral das árvores. Ao se comparar os lenhos de reação, as paredes das fibras do lenho de tração e do lenho oposto apresentaram largura semelhante; contudo, as fibras do lenho de tração tiveram menor diâmetro de lume.

Na Figura 2 é apresentada a variação longitudinal das dimensões de fibra. Os maiores comprimentos de fibras observados nas posições longitudinais intermediárias da árvore (posições a 6,0 e 7,5 m), evidenciam que maiores esforços ocorrem nesses locais e que essas variações nas fibras se devem à adaptação da árvore na contenção de esforços. Ademais, é possível observar que as outras propriedades da fibra são diminuídas nessas mesmas posições.

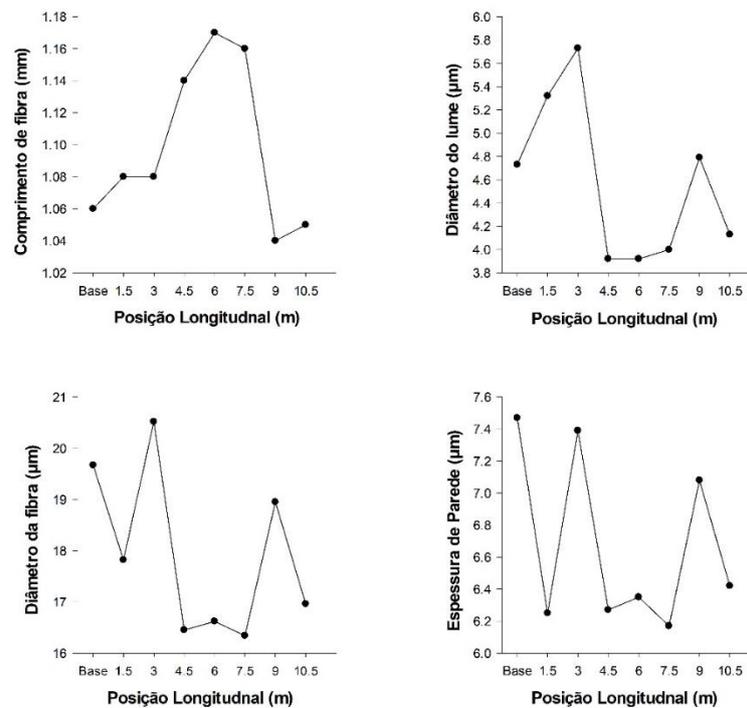


Figura 2. Variação das dimensões de fibra por posição longitudinal em madeira de *Corymbia citriodora* com presença de lenho de reação.

Fonte: Os autores.

CONCLUSÕES

O lenho de reação das árvores estudadas apresentou fibras com maiores comprimentos, menores espessuras de parede, largura da fibra e diâmetro do lúmen quando comparado ao lenho oposto.

As características do lenho de reação foram mais evidenciadas nas alturas intermediárias da árvore. Esses fatos levam a acreditar que maiores esforços ocorrem nesses locais e que essas variações nas fibras se devem à adaptação da árvore na contenção de esforços.

REFERÊNCIAS

Aguayo, M. G. Mendonça, R. T.; Martínez, P.; Rodríguez, J.; Pereira, M. Chemical characteristics and Kraft pulping of tension wood from *Eucalyptus globulus* labill. *Revista Árvore*, v.36, p.1163 1172, 2012.

Boschetti, W. T. N.; Paes, J. B.; Oliveira, J. T. S.; Dudecki, L. Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.6, p.459-467, jun. 2015.

Dadswell, H.E. - The anatomy of eucalypt woods. Division of applied chemistry technological paper, Melbourne, (66): 1-34, 1972.

Jourez, B. Le bois de tension - Définition et distribution dans l'arbre. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. Gembloux (Belgique). 100-112, 1997.

Oliveira, J. G. L. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.559-567. 2012.

Shimizu, J. Y. *Eucalyptus na Silvicultura Brasileira*, Colombo: Embrapa Florestas. 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/>>. Acesso em: 28 set. 2016.

Vidaurre, G. B. Lombardi, L. R.; Nutto, L.; França, F. J. N.; Oliveira, J. T. S; Marina, M. D. C. Propriedades da Madeira de Reação. *Floresta e Ambiente*. v. 20. n. 1, p. 26-37. 2013.

Sousa, L. C. Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 77 p. 2004.

Ferreira, S.; Lima, J. T.; Trugilho, P. F.; Monteiro, T. C. Excentricidade da medula em clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. *Cerne*, v. 14(4): 335-340, 2008.

Contribuições da agroecologia para a construção de um novo direito agrário brasileiro

Autora:

Vanessa de Castro Rosa

Doutora em Direito Político. Mestre em Direitos Humanos. Professora na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), unidade Frutal

Resumo

O direito agrário ao se propor regular a atividade agrária, deve se guiar por critérios científicos e não só por opções políticas, assim, torna-se necessário compreendê-lo a partir da agroecologia. A agroecologia, por ter como objeto a sustentabilidade da atividade agrária, possibilita uma nova visão para o direito agrário, atrelando-o, cientificamente, às práticas ecológicas e sustentáveis, à valorização dos saberes e dos povos tradicionais e camponeses, em prol de justiça social e ambiental. Essa é uma pesquisa transdisciplinar, bibliográfica e documental e aponta para reconfiguração do conceito de direito agrário a partir da agroecologia, redefinindo objeto e objetivos de forma científica e sustentável. Conclui-se que o direito agrário não serve apenas para proteger uma forma agroecológica de produção, ao lado de tantas outras, mas deve ser compreendido, interpretado e aplicado à luz dos fundamentos agroecológicos, conciliando justiça social, práticas agronômicas sustentáveis e conhecimento científico tradicional.

Palavras-chave: Direito agrário agroecológico; ;Direito Agrário; Sustentabilidade.

DOI: 10.58203/Licuri.20102

Como citar este capítulo:

ROSA, Vanessa de Castro. Contribuições da agroecologia para a construção de um novo direito agrário brasileiro. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 10-26.

ISBN: 978-65-85562-01-0

INTRODUÇÃO

A agroecologia é um campo recente que engloba o conhecimento científico construído a partir dos saberes tradicionais, que busca desenvolver práticas agrícolas ecológicas e sustentáveis e a organização social dos camponeses e trabalhadores rurais, para se alcançar uma produção agrícola economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente sustentável.

Neste sentido, Miguel Altieri ensina que a agroecologia se afirma na sociedade assumindo três acepções: 1) como teoria crítica, 2) como prática social e, por fim, como 3) movimento social (2012).

Deste modo, a agroecologia se coloca como importante ferramenta para a proteção ambiental, diante do seu caráter material e estrutural, visto que busca repensar a ciência, a técnica e os saberes, a partir de uma abordagem real e concreta, diretamente aplicável no meio ambiente, com reflexos diretos e imediatos sobre os agricultores, os povos tradicionais, os destinatários dos produtos agrícolas e o modo de organização político-social.

Para os professores Luis Carlos Pinheiro Machado e Luis Carlos Pinheiro Machado Filho, a agroecologia apresenta 10 dimensões: 1) Escala: a agroecologia deve ser trabalhada em grande escala, 2) Social: respeito às condições dignas dos agricultores e sem concentração de terras, 3) Política: a tecnologia deve ser usada em prol de todos, 4) Econômica: a agroecologia é mais rentável que o modelo de agricultura convencional, 5) Ambiental: a agricultura deve ser sustentável (sem monocultura, tóxica), 6) Energética: energia em quantidade e qualidade, 7) Cultural: desfazer os mitos da ‘revolução verde’ e valorizar a cultura dos produtores, 8) Administrativa: o produtor deve ser o administrador do próprio negócio, 9) Técnica: propiciar formação acadêmica agroecológica de qualidade e 10) Ética: promover o respeito aos cidadãos e à natureza. (2014).

Há entre agroecologia e direito agrário uma proximidade de objeto e objetivos, pois ambos almejam condições sustentáveis e ecológicas para o desenvolvimento da atividade agrícola, em prol do desenvolvimento sustentável para as presentes e futuras gerações.

A partir desta proximidade, o direito agrário tem suas veias oxigenadas com os princípios de sustentabilidade, justiça social, dignidade dos camponeses e proteção do ambiente para as futuras gerações e para uma produção agrícola segura e saudável. Desta

forma, o direito agrário não pode mais se resumir a proteger o imóvel rural ou a lucratividade da produção agrícola sem colocar como centro da questão agrícola a sustentabilidade e uma produção saudável com justiça social.

De acordo com Sérgio Sauer,

a maior parte dos sistemas agroindustriais possui baixa ou nenhuma sustentabilidade. Os resultados ambientais são, entre outros danos, a erosão e contaminação dos solos e desperdício e a contaminação dos recursos hídricos, a destruição das florestas e o empobrecimento da biodiversidade. [...] Recentemente, a Agroecologia ganhou espaço como uma alternativa na direção de um desenvolvimento rural menos predatório, buscando um uso mais sustentável das terras e do meio ambiente (SAUER; BALESTRO, 2013, p. 7-8).

Almeja-se no presente artigo analisar as contribuições da agroecologia para uma nova formação do conceito de direito agrário e de seu elemento central: a função social da propriedade, que deve ser ambiental, social e econômica.

O presente artigo se pauta em revisão de bibliográfica, para uma pesquisa teórica e qualitativa, com técnica bibliográfica e documental, desenvolvida sob o método dedutivo, com abordagem crítico-descritiva, em que são trabalhados os conceitos de agroecologia e direito agrário revelando possíveis interações entre ambos a partir da agroecologia.

CONCEITUAÇÃO TRADICIONAL DE DIREITO AGRÁRIO

O direito agrário brasileiro teve sua autonomia reconhecida na Emenda Constitucional nº 10/1964, que o inseriu no rol da competência legislativa da União, seguida pela promulgação da lei nº 4.504/64, autodenominada de Estatuto da Terra, que institucionalizou o direito agrário no país (MARQUES, 2009).

Tradicionalmente, o direito agrário é entendido como uma forma jurídica de se defender a propriedade rural e a exploração da atividade agrária com vistas à produtividade e lucratividade. Já visões mais modernas buscam destacar no conceito a

relação da atividade agrária com a proteção da natureza e do trabalhador rural, a partir da justiça social.

Assim, desde conceitos que se pautam na ideia de aproveitamento do imóvel rural (OPTIZ, 2016) até visões mais amplas e próximas da natureza, com destaques para relação do homem com a terra (BARROS, 2015). Pode-se afirmar que não há um único conceito de direito agrário.

Os conceitos variam conforme os valores políticos e sociais, o momento histórico e a localidade geográfica (MIRANDA, 2014), esta diversidade de conceitos é reflexo de um campo de disputa política na esfera jurídica.

Na doutrina pátria conceitua-se direito agrário da seguinte forma:

O direito agrário ou rural é formado pelo conjunto de normas que disciplina a vida e o desenvolvimento econômico da agricultura e daqueles que utilizam a terra para atividades produtivas. Trata-se do direito que rege o mundo rural, a proteção da natureza, o cultivo da terra e as demais atividades rurais (RIZZARDO, 2013, p. 19).

Destaca-se também a importância de se destacar o papel de produção de alimentos no direito agrário, assim, coloca-se como elemento central da atividade agrária a segurança alimentar (CASSETTARI, 2015), o foco na segurança e soberania alimentar também permitem uma especialização no chamado direito agroalimentar.

O direito agroalimentar se pauta sobre o *Codex Alimentarius*, um programa conjunto da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e da Organização Mundial de Saúde (OMS), com a finalidade de trazer regras para a alimentação segura e saúde humana, assim, o sistema normativo agroalimentar tem base nas normas internacionais definidoras de “parâmetros de sanidade, acessibilidade e economicidade dos alimentos, bem como às normas de comércio internacional com um particular sistema de resolução de controvérsias” (SOARES; SOUZA, 2019, p. 62).

A produção de alimentos, como a principal atividade agrícola, traz para o direito agrário também a preocupação com temas relacionados à segurança alimentar, fome e soberania alimentar, ou seja, o direito agrário garante quantidade e qualidade dos alimentos da produção ao consumo, razão pela qual pode ser compreendido também como um dos direitos humanos (MIRANDA, 2014).

Ainda há autores contemporâneos que seguem a esteira de autores tradicionais da escola italiana de direito agrário, tais como Antonio Carrozza, para quem o direito agrário como ciência jurídica autônoma, não pode ser misturado a concepções ambientalistas, nem alimentares, usando dos mais variados argumentos: esta ampliação de objeto retiraria o caráter científico do direito agrário; a agricultura não produz somente alimentos, logo, não poderia ser direito agroalimentar; ademais usa técnicas artificiais de produção agrícola, logo não deve ser considerada como um ciclo biológico (DE-MATTIA, 1998).

Hoje, o atual estágio do direito agrário pode ser comparado ao direito ambiental nas décadas de 1950 a 1970, quando se defendia vigorosamente o direito de poluir para propiciar a industrialização e o crescimento econômico para o bem de todos, porém, àquela época a consciência e a ciência ambiental ainda estavam num estágio incipiente de desenvolvimento.

O famigerado crescimento econômico almejado na década de 1970 beneficiou bem poucos, basta ver os índices mundiais de desigualdade social, miséria, fome e concentração de riquezas, porém, a industrialização desacompanhada de planejamento social e ambiental incrementou níveis assustadores de poluição e ainda hoje todos arcam com os custos de tais ações.

O quadro se repete com o direito agrário, em pleno século XXI, um modelo de agricultura continua sendo imposto pela “revolução verde” em detrimento da sustentabilidade e do desenvolvimento rural, enquanto a solução agroecológica é desprezada, o que gera graves problemas ambientais como perda de solos, avanço da desertificação, aquecimento global, contaminação das fontes hídricas por agrotóxicos, perda de espécies vegetais e animais, entre outros danos ambientais que impactam drasticamente o próprio setor agrícola.

Na década de 1970, o direito ambiental brasileiro ainda estava na fase da tutela sanitária do meio ambiente, com poucas leis, e ainda regidas pela lógica utilitarista e pelo antropocentrismo puro. Apenas com a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (lei nº 6.938/81) e a Constituição da República de 1988 que o direito ambiental surge com autonomia e preocupação holística (RODRIGUES, 2016).

Atualmente, o direito agrário conta com o apoio de um vasto conhecimento científico ambiental que pode lhe dar supedâneo para eleger os rumos de uma verdadeira política agrícola sustentável, ambientalmente correta, ecologicamente equilibrada, socialmente

justa e economicamente viável, de modo que se o erro do direito ambiental nas décadas passadas pode ser escusável, diante da falta de informações e instrumentos; hoje, o do direito agrário é inescusável, principalmente, diante da agroecologia.

O direito agrário não tem como objeto apenas a produção agrícola, pois esta produção está inserida num meio natural, social, político, econômico, cultural, ou seja, é atravessada por uma série de fatores que impactam a forma de se produzir, de modo que o direito agrário não pode se colocar alheio a todos estes fatores que estão interligados ao processo produtivo agrícola.

Da mesma forma que a produção do campo está inserida em um sistema agrícola, o direito agrário deve considerar todas as variantes deste sistema para exercer sua função reguladora e cumprir o seu escopo de justiça e pacificação social.

O sistema agrário é uma “reconstrução teórica da realidade agrária e sua evolução permite compreender as articulações que ocorrem no meio” (BIANCHINI; MEDAETS, 2013, p. 06), permitindo-se compreender as relações de trabalho, de produção e de exploração da natureza travadas no campo, bem como o processo de mecanização e industrialização da agricultura, decorrente do avanço do capitalismo sobre o campo, com impactos negativos no sistema ecológico e socioeconômico.

A compreensão do sistema agrário a partir de sua base material e de suas contradições desmistifica o caráter natural da desigualdade, da propriedade privada, do latifúndio e das relações de exploração do trabalhador rural, o que permite um direito consciente de seu papel transformador da sociedade e não reproduzidor dos interesses capitalistas de uma classe.

Quando o ideal de conhecimento das ciências naturais é aplicado à natureza, ele serve somente ao progresso da ciência. Porém, quando é aplicado à evolução da sociedade, revela-se um instrumento de combate ideológico da burguesia. Para esta última, é uma questão vital, por um lado, conceber sua própria ordem de produção como constituídas por categorias intemporalmente válidas e destinadas a existir sempre graças às leis eternas da natureza e da razão e, por outro, julgar as contradições que se impõem ao pensamento de maneira inevitável não como fenômenos pertencentes à essência dessa ordem de produção, mas como simples fenômenos de superfície (LUKÁCS, 2003, p. 80).

O direito agrário precisa ser pensado a partir das contradições e das desigualdades existentes no mundo rural e se pretende realmente ser um agente promotor de justiça precisa se voltar para uma forma de produzir justa, viável e ambientalmente correta, razão pela qual a agroecologia se torna uma necessidade.

DIREITO AGRÁRIO E AGROECOLOGIA

Ao assumir como objeto a relação dos seres humanos com a terra e sua produção agrícola, o direito agrário se aproxima assim da agroecologia, já que esta busca formas de produção agrícola sustentáveis, pautadas num conhecimento científico que valorize os saberes tradicionais e indígenas, em práticas agrícolas ecológicas e na articulação dos movimentos sociais (ALTIERI, 2012).

Assim, a agroecologia insere na produção agrícola princípios ecológicos para uma produção sustentável, tanto do ponto de vista social, econômico e ambiental, como condição necessária para a garantia do equilíbrio ecológico dos ecossistemas e sobrevivência dos seres humanos.

São estes alguns princípios básicos da ecologia - interdependência, reciclagem, parceria, flexibilidade, diversidade e, como consequência de todos estes, sustentabilidade. À medida que o nosso século se aproxima do seu término, e que nos aproximamos de um novo milênio, a sobrevivência da humanidade dependerá de nossa alfabetização ecológica, da nossa capacidade para entender estes princípios da ecologia e viver em conformidade com eles (CAPRA, 1996, p. 235).

Deste modo, agroecologia deve ser, também, a base do direito agrário, tendo em vista que ambos buscam uma agricultura socialmente justa, economicamente viável, ambientalmente saudável e ecologicamente equilibrada.

Nas palavras de Luiz Carlos Pinheiro Machado e Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (2014), a agroecologia é a negação da negação, ou seja, de forma dialética o agronegócio nega a natureza e a agroecologia nega esta negação, assim, o primeiro passo que a agroecologia deve promover é a desconstrução dos conceitos impostos por mais de meio século pelo agronegócio e seus métodos de propaganda.

A desconstrução consiste, inicialmente, em pôr em dúvida os dogmas da revolução verde e do agronegócio. Isso a partir das suas evidentes consequências: concentração de renda; concentração da terra, êxodo rural; trabalho escravo; marginalidade social; criminalidade urbana; fome e desnutrição; crise ambiental, que se manifesta em catástrofes cada vez mais frequentes em mais intensas; [...]. O primeiro movimento para a desconstrução é considerar essas mazelas humanas e identificar o capital e o agronegócio como seus principais responsáveis (MACHADO; MACHADO FILHO, 2014, p. 160-161).

A agroecologia é, portanto, a construção dialética de uma forma de produção agrícola sustentável, que reconecta humanidade e natureza, campo e cidade, ciência e conhecimento tradicional, como forma de reequilibrar o ecossistema, proteger a biodiversidade e produzir alimentos saudáveis de acordo com as reais necessidades humanas.

Contudo, percebe-se tanto nas leis, como na própria condução da política agrícola nacional a cargo do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, uma divisão muito clara entre Política Agrícola (lei 8.171/91) e Política Nacional de Agroecologia (decreto 7.794/12), sendo a primeira merecedora de grande parte dos recursos, instrumentos e operacionalização por parte do Ministério da Agricultura, ao passo que a segunda fica relegada aos pequenos e médios agricultores.

A adoção das práticas agroecológicas pode aumentar simultaneamente a produtividade agrícola e a segurança alimentar, melhorar a renda e os meios de vida rural e reverter e conter a tendência de perda de espécies e erosão genética (CAISAN, 2012), desta forma, a agroecologia não pode continuar invisível ao direito agrário.

Em 2013, uma meta-análise de 50 estudos de casos selecionados em 22 países africanos mostrou a contribuição da agroecologia para atingir, de forma direta, dez dos dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, destacando o seu potencial para elevar de maneira sustentável os níveis de soberania alimentar, conservando a biodiversidade e respeitando os conhecimentos e as inovações de agricultores tradicionais (FARRELLY, 2016).

A agroecologia tem o potencial de contribuir para políticas que implementem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, e ela se mostra como uma alternativa viável

ao modelo predatório do agronegócio, pautada na monocultura, transgênica e tóxica de produtos destinados à exportação.

Neste sentido, Miguel Altieri é elucidativo,

“Greening”, a revolução verde, não será suficiente para reduzir a fome e a pobreza e conservar a biodiversidade. Se as causas primordiais da fome, da pobreza e da injustiça não são enfrentadas, as tensas relações entre o desenvolvimento social equitativo e a conservação ecológica saudável acentuar-se-ão obrigatoriamente. Os sistemas de agricultura ecológica que não questionem a natureza da monocultura e que dependam dos insumos externos bem como dos custosos selos de certificação estrangeiros, ou de sistemas de comércio justos destinados só à agroexportação, oferecem muito pouco aos pequenos agricultores ao torná-los dependentes de insumos externos e mercados estrangeiros voláteis. Manter a dependência dos agricultores num método de substituição de insumos contribui pouco para levar os agricultores a uma modernização produtiva agroecológica que os afaste da dependência de insumos externos. Os mercados justos para os ricos do norte, além de apresentar os mesmos problemas de qualquer esquema de agroexportação, não priorizam a soberania alimentar, perpetuando a dependência e a fome (2010, p. 30).

Desta forma, a agroecologia reconecta o direito agrário com a terra, com a natureza, com a justiça social, além de resgatar a dignidade do campesinato, reconhecendo-o como classe que trabalha a terra, gera alimentos e desenvolve o país, e principalmente, desenhando uma base jurídica para o desenvolvimento rural sustentável.

FUNÇÃO SOCIAL DA TERRA

O elemento central do direito agrário reside no princípio da função social da terra e da propriedade, cujos efeitos são irradiados para todos os institutos agrários. Embora haja autores que usem os termos como sinônimos, não se deve confundir terra com propriedade, embora seja isto que a visão capitalista faça com a natureza, ao transformá-la em coisa (mercadoria).

O direito agrário trabalha com estes dois princípios - função social da terra e a função social da propriedade - e ambos precisam ser compreendidos e aplicados a partir de uma mentalidade agrarista, isto é, uma mentalidade socioambiental para compreender e aplicar todos os institutos a partir da função social da terra e dos valores sociais do campo (MIRANDA, 2014).

A função social da terra, também chamada de função socioambiental, devido ao seu caráter fortemente ambiental deve ser uma condicionante para o exercício do direito de propriedade, pois a terra não é uma mercadoria qualquer, ela é indispensável para a vida e por isto precisa receber um tratamento que preserve sua vitalidade e sua potencialidade de gerar e manter a vida, através de condições para o seu uso, sob pena de se perder o direito de propriedade.

Assim, a função social está na terra, mas o seu reconhecimento jurídico, como princípio, serve para condicionar e modelar o uso da terra, de modo que se “a introdução da ideia no sistema jurídico não altera nem restringe o direito de propriedade, perde efetividade e passa a ser letra morta” (MARÉS, 2003, p. 91).

A função social da propriedade prevista no Estatuto da Terra teve como requisitos legais: o bem-estar dos proprietários e trabalhadores, níveis satisfatórios de produtividade, conservação dos recursos naturais e observância das relações de trabalho (BRASIL, 1964).

Estes requisitos demonstram a centralidade da produtividade na função social da propriedade, colocando a terra como mercadoria, garantida por um direito de propriedade. A Constituição de 1988 ao tratar da Política Agrícola e Fundiária e Reforma Agrária estabeleceu as bases para a desapropriação para fins de reforma agrária, a partir do descumprimento da função social da propriedade rural, definindo os elementos desta no artigo 186.

E estabeleceu como requisitos para a função social da propriedade: o aproveitamento racional e adequado; a utilização dos recursos naturais e preservação do meio ambiente, observância das relações de trabalho e bem-estar dos proprietários e trabalhadores (BRASIL, 2016).

Os aspectos ambientais se fazem presentes na função social da propriedade rural, portanto, torna-se um ponto nevrálgico para o direito agrário, especialmente, porque a agricultura vem sentindo os efeitos deletérios dos impactos ambientais causados por suas atividades, tal como o processo de desertificação dos solos e a escassez hídrica.

Preservar o equilíbrio ecológico é essencial às atividades agrícolas, seja para oferta de água, temperatura, umidade do ar, solo vivo, por esta razão a indissociabilidade entre questões ambientais e agrárias não retira o caráter científico do direito agrário, pelo contrário, o insere no domínio da ciência total, holística e comprometida com valores éticos e de justiça e não apenas como o sentido burguês de ciência formal, tecnicista, elitista e fragmentada.

Assim, a Constituição da República garante o cumprimento da função social e ambiental da propriedade rural e coloca o descumprimento a este preceito como causa para o procedimento de desapropriação para fins de reforma agrária, porém, ressalva a pequena e média propriedade e a propriedade produtiva.

Estas ressalvas ensejaram uma série de polêmicas sobre quais propriedades poderiam ser desapropriadas, dando azo ao entendimento de que somente o latifúndio improdutivo poderia ser desapropriado, revelando um predomínio do critério econômico da produtividade sobre o critério da função social da propriedade.

A divergência interpretativa pode basicamente ser resumida da seguinte forma:

Mesmo pela leitura constitucional, existem possibilidades de entrave da efetivação do direito humano à terra rural, em decorrência do apego legalista deturpador da essência do corpo da Carta Magna. Observa-se um conflito entre a norma do art. 185, inciso II e o art. 186, ambos contido na Constituição. O primeiro privilegiando, desmedidamente, o critério da produtividade, e o segundo contemplando, de forma ampla, a função social em sua essência (LEONEL JÚNIOR, 2016, p. 105).

Um primeiro entendimento está no sentido de se interpretar de forma sistemática os artigos 184, 185 e 186 da Constituição de modo a permitir a desapropriação para fins de reforma agrária de imóvel produtivo, pequeno e médio que não estejam promovendo a função socioambiental da propriedade.

Esta interpretação ganha força com a Emenda Constitucional 81/14 que alterou o artigo 243 a permitir a desapropriação para fins de reforma agrária do imóvel produtivo que explore trabalho escravo ou o cultivo de plantas psicotrópicas (BRASIL, 2016), dando força ao entendimento de que o critério econômico da produtividade não pode ser o único

a ser aplicado para a observância da função social da propriedade, mostrando que a ressalva do art. 185 não é absoluta.

Esta possibilidade reforça o entendimento doutrinário de que a violação da função socioambiental da propriedade rural abre as portas do procedimento da desapropriação para fins de reforma agrária, interpretando de forma sistemática os artigos 184, 185 e 186 da Constituição.

Impende registrar a posição defendida por Carlos Frederico Marés:

[...] A Constituição preceitua que a propriedade produtiva não é passível de desapropriação para fins de reforma agrária, assim como a pequena e média propriedade explorada pelo proprietário que não possua outra. A pequena e média propriedades exploradas por seu proprietário não servem para a reforma agrária por que já tem um sentido social. O descumprimento da função social por elas deve ser combatido pelos meios próprios, inclusive pela desapropriação por outra motivação (MARÉS, 2003, p. 128).

No tocante à propriedade produtiva, Carlos Frederico Marés aponta três razões: a primeira é interpretação literal; a segunda, defende que a propriedade produtiva que não cumpre a função social deve seguir a solução da propriedade que cultiva psicotrópicos e ser expropriada sem pagamento de indenização e a terceira, inclui no conceito de produtiva o atendimento aos requisitos da função social (MARÉS, 2003, p. 129).

Esta posição não isenta a pequena e média propriedade e a propriedade “produtiva” de sanções diante do descumprimento da função social, apenas ressalta que elas não atendem aos fins do programa de reforma agrária, o que, de forma alguma, indica que elas estão desobrigadas de cumprir a função social e isentas de sanções por eventuais descumprimentos deste dever constitucional.

Isentar da sanção desapropriatória ou de qualquer outra punição a propriedade que não cumpra a função social, devido a uma interpretação literal e isolada do artigo 185 da Constituição reforça as estruturas arcaicas de poder no campo, mantém o latifúndio monocultor intocável, privilegia o título de propriedade em detrimento da utilidade social da posse-trabalho.

Em que pese a divergência doutrinária acerca da possibilidade de se desapropriar a propriedade produtiva que descumpra a função socioambiental, a jurisprudência brasileira

mostra clara inclinação para a interpretação gramatical e isolada do art. 185 da Constituição, desconsiderando a interpretação sistemática (TRENTINI; ROSIM, 2016).

Porém, mesmo no âmbito do direito constitucional, é possível concluir que a produtividade não é a única cláusula que blinda a propriedade produtiva contra a desapropriação, devendo ser articulada com a sua função social.

Neste sentido, Gilberto Bercovici

Não basta, portanto, que a terra seja produtiva para ser garantida constitucionalmente. A propriedade, mesmo produtiva, tem que cumprir sua função social. A propriedade rural está garantida constitucionalmente contra a desapropriação para fins de reforma agrária se for produtiva e cumprir sua função social. A produtividade é apenas um dos requisitos da garantia constitucional da propriedade. A propriedade produtiva é insuscetível de desapropriação por cumprir as exigências constitucionais, ou seja, desde que cumpra sua função social (BERCOVICI, 2015, não paginado).

O princípio da função socioambiental da propriedade rural e o instituto da desapropriação para fins de reforma agrária são típicos do direito agrário, logo, não podem ser trabalhados apenas a partir do direito civil, conferindo uma lógica liberalizante e puramente economicista ao requisito de produtividade.

Não se pode confundir rentabilidade financeira com produtividade. A terra deve ser tratada como um elemento da natureza, essencial à garantia da vida humana e não humana, logo não pode ser tratada apenas como mercadoria e renda, precisa ser trabalhada sob a lógica da sustentabilidade e da função socioambiental também para um tratamento de justiça social e dignidade aos trabalhadores rurais.

Deste modo,

[...] A interpretação de que qualquer produtividade, independentemente do cumprimento da função social, torna uma terra insuscetível de desapropriação para fins de reforma agrária faz da exceção regra. A regra então seria: as terras não produtivas podem ser desapropriadas para fins de reforma agrária. Todos os outros requisitos e a própria ideia de função social seria inútil, escritas apenas para embelezar a folha de papel chamada Constituição. Esta é a pior interpretação possível, porque é contra

os interesses da sociedade, vilipêndia a Constituição e mantém incólume a estrutura do latifúndio, seguindo a tradição das sesmarias e do século XIX no Brasil (MARÉS, 2003, p. 129).

Deste modo, os conceitos de produtividade, racionalidade, desenvolvimento e função social da propriedade precisam ser pensados de forma agroecológica, para que a produtividade seja sustentável, tanto do ponto de vista econômico, como social e ambiental.

Se a função social da terra fosse aplicada à luz da agroecologia, muitas propriedades rurais consideradas “produtivas”, segundo a lógica do agronegócio, não o seriam de acordo com o paradigma agroecológico, por não se considerar como produtiva uma forma que traz a depleção e esgotamentos dos recursos naturais.

O tema é de fundamental importância pois reflete a adoção do tipo de política agrícola que se adotará para o país, privilegiando-se a agricultura industrial depredatória ou a agroecológica, como forma de se guiar o desenvolvimento rural sustentável nacional. Mas também, por permitir a concretização da reforma agrária no país, não nos moldes burgueses de simples distribuição de propriedades privadas, mas sob um viés agroecológico, ou seja, democrático, sustentável, participativo e solidário.

CONCLUSÕES

A agroecologia permite repensar e reconceituar o direito agrário para além de uma visão puramente normativista vassala dos interesses do agronegócio, ou seja, permite que o direito seja pensado a partir do sistema agrário e que cumpra sua real função de transformar a realidade em busca de pacificação social, justiça social, meio ambiente ecologicamente equilibrado e dignidade humana.

A função social da terra em termos agroecológicos permitiria a desapropriação para fins de reforma agrária de imóveis considerados “produtivos” sob o ponto de vista da agricultura convencional, mas que sob a perspectiva agroecológica não poderiam ser produtivos diante do passivo ambiental legado para as presentes e futuras gerações.

Deste modo, a agroecologia coloca a questão de produtividade e a função social da propriedade em novos termos, permitindo a adoção de uma nova política agrícola para o

país, substituindo a agricultura industrial depredatória por uma forma agroecológica, com vistas ao desenvolvimento rural sustentável.

O direito agrário para cumprir sua função de incentivar a produção agrícola de alimentos saudáveis, de forma sustentável, com respeito ao meio ambiente e com justiça social precisa se tornar um direito agroecológico, em oposição a monocultura, transgênica, latifundiária e exploratória. Dar as costas para a agroecologia ou relegá-la apenas à produção em pequena escala significa negar a própria cientificidade do direito agrário, que deixa de ser científico para ser puramente político na defesa dos interesses do capital estrangeiro.

A célebre frase de Chico Mendes “Ecologia sem luta de classes é jardinagem” mostra-se cada vez mais atual e também urgente a necessidade de se compreender o direito agrário a partir da interação ecológica entre ambiente e sociedade, o que a agroecologia se mostra como ferramenta primordial, para que o direito agrário seja compreendido e trabalhado a partir das contradições capitalistas, para que soluções verdadeiras, mesmo que temporárias, possam ser adotadas para se permitir justiça no campo, alimentos saudáveis, preservação da natureza e dignidade dos trabalhadores rurais.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. *Revista NERA*, Presidente Prudente, ano 13, n. 16, p. 22-32, jan./jun. 2010.

ALTIERI, Miguel. *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012.

BARROS, Wellington Pacheco. *Curso de direito agrário*. 9. ed. Porto Alegre, 2015.

BERCOVICI, Gilberto. Propriedade que descumpra função social não tem proteção constitucional. *Consultor Jurídico*, São Paulo, 06 dez. 2015. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2015-dez-06/estado-economia-propriedade-nao-cumpra-funcao-social-nao-protecao-constitucional>. Acesso em: 21 abr. 2019.

BIANCHINI, Valter; MEDAETS, Jean Pierre Passos. *Da revolução verde à agroecologia: Plano Brasil Agroecológico*. 27 nov. 2013, p. 06. Disponível em: http://www.mda.gov.br/portalmda/sites/default/files/user_arquivos_195/Brasil%20Agroecol%C3%B3gico%2027-11-13%20Artigo%20Bianchini%20e%20Jean%20Pierre.pdf. Acesso em: 05 jun. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 21 abr. 2019.

CAISAN. Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. *Relatório de Olivier de Schutter, Relator Especial da ONU Para Direito à Alimentação, apresentado ao Conselho de Direitos Humanos*. Conselho de Direitos Humanos. Décima sexta sessão. Item 3 da agenda Promoção e proteção de todos os direitos humanos, direitos civis, políticos, econômicos, sociais e culturais, inclusive o direito ao desenvolvimento. 20 dez. 2010. Brasília, DF: MDS, 2012.

CAPRA, Fritjof. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1996.

CASSETTARI, Christiano. *Direito agrário*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

DE-MATTIA, Fábio Maria. Método e conteúdo do direito agrário. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo*, v. 93, p. 135-225, 1 jan. 1998, p. 195-197.

FARRELLY, Michael. Contribuições da Agroecologia para os objetivos de desenvolvimento sustentável. *Agriculturas*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 80-83, set. 2016.

LEONEL JÚNIOR, Gladstone. *Direito à agroecologia: a viabilidade e os entraves de uma prática agrícola sustentável*. Curitiba: Prismas, 2016.

LUKÁCS, Georg. *História e consciência de classe: estudos sobre a dialética marxista*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

MACHADO, Luiz Carlos Pinheiro; MACHADO FILHO, Luiz Carlos Pinheiro. *A dialética da agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno*. São Paulo: Expressão Popular, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano agrícola e pecuário 2018/2019*. Brasília-DF: Secretaria de Política Agrícola, 2018.

MARÉS, Carlos Frederico. *A função social da terra*. Porto Alegre: Sérgio Fabris Editor, 2003.

MARQUES, Benedito Ferreira. *Direito agrário brasileiro*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MIRANDA, Gursen. *Direito agrário: ensino e teoria*. Curitiba: Juruá, 2014.

OPITZ, Sílvia C. B.; OPITZ, Oswaldo. *Curso completo de direito agrário*. 10. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

RIZZARDO, Arnaldo. *Curso de direito agrário*. São Paulo: RT, 2013.

RODRIGUES, Marcelo Abelha. *Direito ambiental esquematizado*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

SAUER, Sérgio; BALESTRO, Moisés V. *Agroecologia e os desafios da transição agroecológica*. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2013.

SOARES, Fabiana Menezes de; SOUZA, Fernanda Santana de. Os desafios no processo de harmonização de padrões, guias e recomendações: o Codex Alimentarius. In: SOARES, Fabiana de Menezes (org.). *Elaboração legislativa em direito agroalimentar*. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2019.

TRENTINI, Flavia; ROSIM, Danielle Zoega. A desapropriação por interesse social para fins de reforma agrária e a propriedade produtiva: uma perspectiva jurisprudencial. *Revista de Direito Agrário e Agroambiental*, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 115-135, jan./jun. 2016

Deck de madeira: considerações sobre a modificação térmica para a melhoria da qualidade do piso

Autores:

Jaily Kerller Batista de Andrade

Doutor em Ciências Florestais, apoio técnico da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati

Juarez Benigno Paes

Doutor em Ciência Florestal. Professor da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro

Resumo

Considerando a diversidade de madeiras tropicais presentes no Brasil, e que são usadas comercialmente, poucas espécies são utilizadas para a produção de pisos, em especial para a produção de decks. Assim, surge a necessidade de novas alternativas que supram a demanda desses produtos. O presente trabalho objetivou contribuir com estudos sobre a madeira modificada termicamente para a produção de pisos do tipo deck, além do conhecimento de suas características, pois a qualidade do produto final está diretamente relacionada com a qualidade da madeira utilizada. As combinações das características físicas, químicas e mecânicas; bem como as propriedades anatômicas e estéticas, determinam a qualidade da madeira para esta finalidade.

Palavras-chave: Tratamento térmico. Eucalipto. Florestas plantadas.

DOI: 10.58203/Licuri.20103

Como citar este capítulo:

ANDRADE, Jaily Kerller Batista; PAES, Juarez Benigno. Deck de madeira: considerações sobre a modificação térmica para a melhoria da qualidade do piso. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 27-45.

ISBN: 978-65-85562-01-0

INTRODUÇÃO

A madeira é o principal produto extraído de florestas naturais ou plantadas, sendo considerada um material versátil com características complexas. Suas propriedades podem ser beneficiadas conforme sua finalidade de uso. É utilizada de diversas formas, como na fabricação de móveis, produção de celulose, carvão vegetal, painéis reconstituídos, produtos serrados e na fabricação de pisos. No entanto, o seu uso ainda se restringe, em grande parte, na utilização de florestas nativas, podendo acarretar na redução desse recurso de forma a não garantir a sustentabilidade.

As florestas plantadas no Brasil, conforme a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2020) totalizam cerca de 9 milhões de hectares, dos quais 6,97 milhões são com eucalipto, onde o país apresentou uma produtividade média de 35,3 m³/ha ao ano. A ampla variedade de espécies e híbridos de *Eucalyptus*, de rápido crescimento, com distintas capacidades de adaptação edafoclimáticas associado à facilidade de propagação por sementes e clonagem, favorece a adaptação para a maioria das regiões tropicais do Brasil (SILVA; XAVIER, 2006; STACKPOLE et al., 2011). Tais características favorecem a disponibilidade da madeira de eucalipto para diversos usos.

O mercado de pisos de madeira é responsável por uma grande quantidade de empregos e por uma movimentação expressiva de renda (POLZL; SILVA, 2001). No entanto, os pisos de madeira sólida são fabricados, principalmente a partir de espécies tropicais provenientes da floresta amazônica, o que tornou tema de debates, tanto nacionais quanto internacionais. Contudo, por ser uma fonte natural e renovável, a madeira pode ser obtida de árvores oriundas de plantios florestais comerciais ou de florestas naturais devidamente manejadas. Sendo necessário conhecer a matéria-prima e adotar procedimentos adequados para obtenção da melhor forma de uso do material, garantindo a satisfação daqueles que a utilizam (ANDRADE, 2015).

Dentre os diversos tipos de pisos disponíveis no mercado existem aqueles que podem ser empregados em ambientes internos (taco, parquet e pisos engenheirados) e externos; conhecidos por decks, os quais são frequentemente empregados ao redor de piscinas, mezaninos, varandas e em áreas de acesso em parques e hotéis fazenda. Por serem destinados ao uso em ambientes externos, estão susceptíveis às intempéries e não existe necessidade de controle rigoroso de umidade, durante o processo de secagem.

Por isso, deve ser constituído de material resistente ao apodrecimento e danos causados por organismos xilófagos (GUIMARÃES et al., 2018). Desta forma, ressalta-se a importância de estudos sobre espécies alternativas para a sua produção e de formas de prolongar a vida útil das instalações e minimizar os efeitos causados pela retirada de madeiras nativas.

Assim, para melhorar as propriedades tecnológicas da madeira de clones de eucalipto, como as características físico-mecânicas, químicas e biológicas, principalmente quanto sua estabilidade dimensional e durabilidade, é possível usar tratamentos térmicos, que além de propiciar ganhos nas propriedades da madeira, melhora a sua qualidade, agrega valor aos produtos e amplia a possibilidade de utilização. Além disso, a madeira modificada termicamente adquire uma coloração escura, o que pode ser vista como uma característica comercialmente atrativa para a produção de decks.

PISOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO E MADEIRA NATIVA

O piso é considerado uma superfície qualquer, contínua ou não, construída com a finalidade de permitir o trânsito leve ou pesado. O piso de madeira maciça é definido com aquele em que há o beneficiamento da madeira, sem combinações com outros tipos de produtos processados. Alguns fatores devem ser levados em consideração, como a estética, economia, qualidade e segurança (ANDRADE, 2015).

Segundo a Associação Nacional de Produtores de Pisos de Madeira - ANPM (2018), no Brasil existe uma diversidade de espécies utilizadas para a fabricação de pisos de madeira maciça. A heterogeneidade entre espécies, variações de cores, dimensões e formatos possibilitam a concepção de uma ampla gama de padrões de acabamentos e revestimento. Para selecionar uma espécie como adequada à fabricação de pisos de madeira, devem ser observadas, principalmente, as propriedades físico-mecânicas. Adicionalmente, a escolha do piso de madeira pelo comprador está relacionada com aspectos estéticos (cor, textura, brilho) e as tendências da moda e do mercado.

Dentre as espécies florestais nativas utilizadas para a produção de pisos maciços no Brasil, destacam-se o amendoim (*Pterogyne nitens*), cabreúva-vermelha (*Miroxylon balsamum*), cumarú (*Dipteryx odorata*), ipê (*Tabebuia* sp.), jatobá (*Hymenaea* sp.), muiracatiara (*Astronium lecointei*), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*),

perobinha (*Aspidosperma sunbincanum*), roxinho (*Peltogyne recifenses*) e sucupira (*Diplotropis purpurea*). A escolha da espécie vegetal implicará na qualidade do produto final. Assim, a qualidade do piso está diretamente relacionada com a qualidade da madeira. É necessário observar a finalidade e tipo de peça de madeira que se pretende produzir (ANPM, 2008).

Os pisos de madeira sólida já foram alvos de muitas discussões, tanto nacionais quanto internacionais, isso porque em sua maioria, são produzidos de árvores provenientes da Floresta Amazônica. No entanto, o uso sustentável desses recursos favorece a agregação de valor aos produtos e contribui com o manejo das florestas, os quais serão convertidos para outras finalidades (ANDRADE, 2015).

Como forma de minimizar os impactos causados pela exploração inadequada dos recursos naturais provenientes de florestas tropicais, outras espécies foram estudadas como alternativa para a produção de pisos de madeira maciça, destacando-se as espécies do gênero *Eucalyptus*. Estudos realizados por Barroso (1983), Boland et al. (1984), já indicavam o uso da madeira de eucalipto para a produção de assoalhos, tanto para usos residenciais, quanto industriais. Trabalhos mais recentes, desenvolvidos por Gonzalez et al. (2006) destacaram o potencial do *Eucalyptus cloeziana* para a fabricação de pisos.

Características como dimensões, espécies, acabamento superficial e presença ou ausência de encaixes laterais, fornecem nomenclaturas diferentes para os pisos. Eles podem ser laminados, engenheirados ou maciços. Dentro da categoria de pisos maciços existe outra classificação; podendo ser dividida entre decks, os quais são utilizados em ambientes externos e flooring, utilizados em ambientes internos. As características de cada um devem ser observadas na escolha do piso ideal (ANPM, 2018) e, da matéria-prima (madeira) para a sua produção.

TRATAMENTO TÉRMICO E SUA INFLUÊNCIA NAS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA PARA A PRODUÇÃO DE PISOS

A modificação térmica é o processo em que a madeira é submetida a altas temperaturas, as quais são inferiores a sua combustão e variam entre 100 e 250 °C, provocando o início da degradação de seus constituintes químicos fundamentais, principalmente das hemiceluloses que são as mais sensíveis à ação do calor e, geralmente

ocorre na ausência de oxigênio ou na deficiência de ar (BORGES; QUIRINO, 2004; BRITO et al., 2006). Como resultado desse processo, tem-se um produto sólido, com características distintas do original. Algumas dessas características são viáveis para diversificar as aplicações da madeira, principalmente, quando exposta às intempéries, como no caso dos decks.

A finalidade do tratamento térmico é melhorar as propriedades da madeira, somente com a ação do calor, causando alterações químicas, físicas e mecânicas. Essas alterações podem variar de acordo com a temperatura e taxa de aquecimento. As propriedades físicas, químicas e mecânicas devem ser avaliadas para cada espécie e para cada programa de tratamento térmico, visando o aproveitamento do potencial máximo do material. Dessa forma, o tratamento térmico pode variar desde a secagem até a gaseificação, com eliminação e formação de diversas substâncias por meio de reações simples e outras mais complexas (RODRIGUES, 2009).

É importante lembrar que o aquecimento não é o único responsável pelas mudanças ocorridas na madeira. Há outros fatores adicionais que contribuem para o processo, como a velocidade de aquecimento, tempo de tratamento, pressão, atmosfera e a espécie florestal empregada. Nessas condições, são gerados produtos que possuem características distintas da madeira original. Assim, é possível administrar a interação desses fatores de forma a atender ao objetivo específico do processo (BRITO et al., 2006).

Sejam para madeiras de reflorestamento ou nativas, os benefícios do tratamento térmico são diversos e comprovados por pesquisas científicas, podendo observar alterações no aumento na estabilidade dimensional e a resistência contra intempéries, causadas pela melhoria nas propriedades de molhabilidade, dureza superficial e ligação com adesivos. Reduz o teor da umidade de equilíbrio e melhora a propriedade de inchamento. A redução da variação dimensional agrega valor ao produto comercializado, permitindo a utilização de espécies antes descartadas. A madeira adquire uma coloração levemente escurecida, visualmente atrativa. Portanto, o tratamento térmico possibilita a obtenção de produtos com maior qualidade e valor agregado, como é o caso dos decks de madeira (BORGES; QUIRINO, 2004; MOURA; BRITO, et al., 2006).

Para a produção de pisos, o tratamento térmico, dependendo da temperatura utilizada, pode proporcionar benefícios como o aumento da densidade da madeira, tornando viável sua utilização no segmento, com alteração na sua cor original (QUIRINO, 2003). Além disso, já se constatou que esse mesmo tratamento aumenta a resistência a

fungos xilófagos, o que é um ponto positivo quando se pretende a utilização em ambientes externos.

INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS

A modificação térmica influencia nessas propriedades à medida que ocasiona a diminuição da umidade de equilíbrio e, conseqüentemente, diminui a higroscopicidade da madeira tratada. O conhecimento de propriedades físicas associadas à higroscopicidade de espécies do gênero *Eucalyptus* não está consolidado; no entanto, um incremento nessas propriedades é de interesse para expandir a gama de possibilidades mercadológicas dessas madeiras (DELUCIS et al., 2014).

Ao avaliarem os efeitos da modificação térmica nas propriedades físicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna*, com 40 anos de idade, Menezes et al. (2014) constataram alterações benéficas na umidade de equilíbrio da madeira de ambas as espécies. As maiores reduções da umidade de equilíbrio foram observadas para as maiores temperaturas. Os autores concluíram que os resultados evidenciam o efeito positivo do tratamento térmico nas propriedades físicas e, conseqüentemente, na estabilidade dimensional da madeira. Tal afirmação reforça a importância dessa característica para usos em móveis, decks e laminados (DIAS JÚNIOR et al., 2015).

Espécies produtoras de madeiras nativas, geralmente possuem densidade elevada, em comparação com algumas espécies de eucalipto. E isso pode ser considerado um ponto positivo em relação às madeiras de reflorestamento, pois para a produção de pisos, é necessário um material com densidade variando de moderada a alta e dureza satisfatória. No entanto, o processo de modificação térmica promove redução da densidade aparente e da higroscopicidade da madeira, e conseqüentemente, da retratibilidade. Alguns autores notaram reduções de 2 a 6% na densidade de madeiras de *Eucalyptus grandis* submetidas a temperatura de 160°C, além de redução na higroscopicidade, o que resultou em diminuição na contração e inchamento da mesma (BATISTA, 2012; CALONEGO; SEVERO; BALLARIN, 2012).

Para a avaliação do tratamento térmico em madeiras de espécies florestais da Amazônia, como o ipê (*Tabebuia* sp.) e roxinho (*Peltogyne* sp.), Santana (2017) constatou em sua pesquisa que houve perda de massa em todas as espécies estudadas. Dentre as

espécies que apresentaram os menores valores percentuais, está o roxinho, espécie comumente empregada na fabricação de pisos, com 12,26% de perda de massa. Essa diminuição na perda de massa ocorre devido a degradação de seus principais constituintes químicos como a celulose, hemicelulose e lignina.

A hemicelulose é o componente mais hidrófilo da madeira e também o que é mais influenciado pela degradação causada pelo tratamento térmico. A alteração desse constituinte promove a estabilidade dimensional da madeira. Uma vez que reduz a capacidade de troca de água da madeira com o meio. A menor variação dimensional da peça agrega valor ao produto comercializado, permitindo utilização de madeiras antes descartadas, além de permitir a obtenção de um produto com maior qualidade (BORGES; QUIRINO, 2004).

As propriedades mecânicas da madeira tratada termicamente foram estudadas por Huller et al. (2017), cujo objetivo foi avaliar o efeito do tratamento térmico nas propriedades físicas e na resistência mecânica de *Eucalyptus cloeziana*. Foi constatado que a resistência máxima ao impacto foi influenciada pela temperatura, havendo decréscimo dos valores com o aumento da mesma. Os tratamentos térmicos apresentaram alterações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira em todos os ensaios avaliados. Quanto maior a temperatura utilizada, menor a resistência mecânica da madeira e maior a sua fragilidade.

Uma das principais limitações da madeira tratada termicamente é a diminuição da resistência mecânica, tornando a mesma inadequada para a maioria das aplicações estruturais (ESTEVES; PEREIRA 2009). A utilização de tratamentos térmicos prolongados produz um menor efeito no módulo de elasticidade (MOE) e maior nas resistências à flexão estática (MOR) e ao impacto (UNSAI et al., 2003).

O tratamento térmico promoveu aumento na resistência máxima à compressão paralela e no impacto; e diminuição no módulo de ruptura e dureza (tangencial e radial) da madeira de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos (MODES et al., 2017). Para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* foi observada redução da higroscopicidade e da resistência mecânica, enquanto a massa específica básica não foi alterada pelo processo. Resultados satisfatórios de redução da molhabilidade foram observados para as temperaturas mais baixas, e a estabilidade dimensional aumentou em função da temperatura, tendo a maior perda de resistência mecânica obtida com o tratamento a 240 °C para as duas espécies avaliadas (CADEMARTORI et al., 2015).

Os efeitos atribuídos ao tratamento térmico de madeiras nativas ou providas de reflorestamentos são dependentes de fatores como temperatura, duração do tratamento e pelas modificações ocorridas pelos polímeros constituintes da madeira, os quais influenciam na intensidade das alterações de sua estrutura interna, promovendo a perda de resistência mecânica, em consequência de temperaturas elevadas. Para Poncsak et al. (2006), os parâmetros do tratamento precisam ser otimizados para manter essa perda em um nível mínimo, enquanto melhoram as propriedades físicas e biológicas.

DISPONIBILIDADE E RESISTÊNCIA BIOLÓGICA A AGENTES DETERIORADORES

A baixa diversidade de madeiras utilizadas para a produção de pisos é vista como um fator limitante para o setor, pois apesar do vasto número de espécies tropicais utilizadas no mercado brasileiro, poucas são direcionadas para pisos. Na construção civil, o consumo desse produto aumenta a cada ano e a matéria-prima usada em sua produção ainda é proveniente de florestas nativas, em especial da Amazônia. Além disso, o elevado custo dessas madeiras e a falta de padronização dificultam sua utilização no mercado (SANTOS; LIMA; SILVA, 2010).

Em decorrência da exploração desordenada de espécies tropicais nativas, madeiras provenientes de reflorestamento, principalmente aquelas do gênero *Eucalyptus*, vêm sendo utilizadas com o intuito de suprir a demanda. Porém, algumas propriedades dessas madeiras necessitam ser melhoradas; assim, sugeriram os tratamentos térmicos, que podem agregar qualidades a fim de atenderem ao mercado.

A seleção da madeira é a principal característica para um deck, já que sua qualidade está relacionada com a matéria-prima empregada. Na escolha do melhor material, é importante observar a disponibilidade para manutenção e o local em que será aplicado. A umidade também deve ser levada em consideração, pois como o deck está sujeito à ação de chuvas, deve haver uma boa drenagem da água para evitar o acúmulo e deterioração da estrutura (ANDERSON; HEEBINK; OVIATT, 1972).

Segundo Falk e Williams (1996), a durabilidade de um deck de madeira é bem variável e depende da espécie escolhida, que na maioria das vezes, madeiras nativas possuem melhores características para o projeto em relação às madeiras de reflorestamento; e da periodicidade de manutenção do mesmo. Dessa forma, podem durar décadas, sem haver

alteração na sua estrutura. A manutenção não necessita de grandes reparos, o que torna um ponto positivo para utilização do piso. Aplicações de produtos de acabamento, de preferência do tipo stains, devem ser realizadas regularmente para impedir a umidade excessiva e o desgaste por agentes externos.

Por serem destinados ao uso em ambientes externos, os decks estão susceptíveis às intempéries e não existe necessidade de controle rigoroso de umidade. Por isso, deve ser constituído de material resistente ao apodrecimento e danos causados por organismos xilófagos. A manutenção desse tipo de piso deve ser realizada anualmente para conservar suas características e evitar o desgaste, o que pode torná-lo oneroso, pois requer vedação, pintura, lixamento, além da substituição periódica de tábuas danificadas (GUIMARÃES et al., 2018).

A presença de alguns constituintes da madeira, como os extrativos, com teores elevados em espécies tropicais, é responsáveis pela coloração, cheiro, gosto e a resistência ao apodrecimento. O teor de lignina interfere na densidade da madeira, e conseqüentemente na densidade do deck produzido, o que torna a madeira proveniente de espécies nativas desejável para a sua produção.

O teor de cinzas também pode ser motivo de influência nas propriedades tecnológicas da madeira para a produção de pisos, visto que, segundo Paes et al. (2013), teores elevados de cinzas reduzem o ataque dos cupins na madeira, danificando suas mandíbulas e conseqüentemente reduzindo seu potencial de ataque.

Quando a madeira é modificada termicamente, sua resistência ao ataque de fungos também aumenta, devido degradação das hemiceluloses e redução na higroscopicidade, a modificação química dos polissacarídeos e lignina; o que promove a inibição enzimática degradativa (BELLON et al., 2014). Paes et al. (2007) relata que a maior ou menor suscetibilidade da madeira à deterioração irá depender das condições ambientais.

De modo geral, as madeiras naturalmente duráveis, como as espécies nativas comumente utilizadas e de procedência certificada, ou as proveniente de reflorestamento (pinus e eucalipto), quando devidamente tratadas de acordo com os padrões técnicos, cujas tábuas sejam obtidas por meio de um desdobro bem realizado, durarão mais e com um mínimo de manutenção (LEPAGE, 2013).

PRINCIPAIS ENSAIOS DE ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAR A INFLUÊNCIA DAS INTEMPÉRIES NA QUALIDADE DA MADEIRA PARA DECKS

A madeira é um material de origem orgânica que pode ser modificada pela ação do intemperismo (ação combinada dos raios solares, chuva ou umidade e ventos). Assim, ao ser exposta às condições extremas, algumas propriedades da madeira são alteradas, como a cor e textura. Essas mudanças ocorrem por causa da ação dos raios ultravioletas (UV), que provocam tanto a fotodegradação quanto a fotodescoloração da madeira, diminuindo sua vida útil (SUDIYANI et al., 1999). A exposição desse material não tratado em ambientes suscetíveis à deterioração deve-se ao desconhecimento dos tipos de tratamentos superficiais existentes ou até mesmo por livre escolha do consumidor final (CADEMARTORI; MISSIO; MATTOS, 2015).

O intemperismo atua somente na superfície da madeira, pois, após as primeiras reações, é formada uma pequena camada que protegerá as inferiores e os outros constituintes químicos, entretanto, acarreta em um problema para os consumidores e para os tecnólogos, pois interfere no comportamento dos produtos aplicados na mesma (SILVA; PASTORE; PASTORE JÚNIOR, 2004). Há várias formas de prevenir à madeira da fotodegradação, como a aplicação de compostos químicos inorgânicos, de produtos de acabamento, como vernizes, stains e tintas, que apesar de protegerem, podem alterar a característica natural da madeira (GONÇALEZ et al., 2010).

As alterações da cor da madeira se iniciam com a perda de brilho e rugosidade, que ocorre pela ação dos raios UV, em conjunto com a umidade, temperatura e a oxidação (LESAR et al., 2011; ROSU et al., 2010). Estes agentes causam a despolimerização da lignina, que é o constituinte químico da parede celular mais propício às intempéries, sobretudo dos raios UV (QIAN et al., 2017). Como as coníferas normalmente possuem teores maiores de lignina, as madeiras de folhosas são consideradas mais resistentes à mudança de cor (MITSUI; TSUCHIKAWA, 2005).

Para reduzir o período de duração e os custos dos testes em campo, para a avaliação do envelhecimento acelerado, foram desenvolvidos ensaios laboratoriais que simulam o intemperismo e permitem estimar e comparar a durabilidade natural das madeiras de diversas espécies (OLIVEIRA et al., 1986).

Os ensaios de envelhecimento acelerado são realizados em câmaras que possuem uma atmosfera controlada, com radiação UV, temperatura e umidade. A simulação é realizada com a alternância de fenômenos, como luz solar, chuva e orvalho. Os efeitos provocados nos materiais são similares aos que ocorrem com o intemperismo natural. Esses testes são realizados quando se pretende conhecer a resposta das madeiras submetidas a envelhecimento, em um curto tempo (AYADI, 2003).

Na literatura, trabalhos com a aplicação da metodologia do envelhecimento acelerado em pisos do tipo deck são escassos ou praticamente não há relatos, por isso, a necessidade de estudos que aprofundem essa área do conhecimento. No geral, estudos que avaliem a qualidade da madeira para a produção de decks encarecem de estudos aprofundados. Dessa forma, serão abordados algumas pesquisas que fizeram uso do método do intemperismo artificial ou envelhecimento acelerado em espécies produtoras de madeira.

Em estudo sobre avaliação das superfícies usinadas da madeira de carvalho vermelho em relação ao desempenho de um revestimento, Ugulino e Hernández (2015) utilizaram a metodologia em que as amostras foram seladas em suas extremidades com parafina para diminuir a troca de umidade durante o tratamento. Em seguida, foram dispostas numa câmara climática de simulação ambiental Cincinnati Sub Zero (WM-906-MP2H-3-SC/CC) e foram submetidas a um tratamento de envelhecimento, que consistia de quatro ciclos de 48h à 15% de UR e 50°C, seguido de 48h a 90% de UR e 50°C. Após envelhecimento, as amostras foram recondicionadas à 20°C e 40% de UR.

O procedimento de simulação de intemperismo descrito no trabalho de Silva, Pastore e Pastore Júnior (2007) foi realizado por meio de ciclos de 10 horas de irradiação UV, seguido por 2 horas de lixiviação e secagem em temperatura ambiente, com média de três dias e tempo total de irradiação foi 2.000 horas e o de lixiviação foi 400 horas. Os autores concluíram que o procedimento foi adequado para monitorar o processo de fotodegradação das madeiras por 2.000 horas, em função da variação de cor ocasionada pela decomposição da lignina e dos extrativos.

Para a avaliação do efeito do envelhecimento acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*), Teles e Costa (2014) utilizaram uma câmara de teste de radiação UV/condensação que simula os efeitos de degradação na superfície de produtos causados pela luz solar, chuva e orvalho, modelo QUV/Spray. Os materiais foram expostos em ciclos alternados de radiação, umidade e

temperatura. Os autores ressaltam que, nas primeiras 24 horas de exposição houve o escurecimento, com diminuição da luminosidade nos parâmetros de cor da madeira.

Soares et al. (2018) analisaram a resistência ao intemperismo artificial de revestimentos aplicados nas madeiras de duas *Eucalyptus grandis* e *Tetrorchidium rubrivenium* em uma câmara de intemperismo artificial, com radiação luminosa de $1,35\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$. Cada ciclo simulado pela câmara representou os efeitos de degradação causados pela luz solar, chuva e orvalho na superfície das amostras. Foram realizados 40 ciclos, com duração de 12 h cada, totalizando 480 h de exposição. Segundo os autores, os diferentes revestimentos aplicados na superfície das madeiras alteraram suas colorações naturais, tornando-as opacas.

Para simular o efeito da radiação ultravioleta na superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Martins et al. (2011) utilizaram um reator fotoquímico Rayonet com 12 lâmpadas UV, cada uma com 8 W, que emitem radiação no comprimento de onda de 350 nanômetros. As amostras foram fixadas em um carrossel, de forma que as faces analisadas ficaram expostas a aproximadamente dois centímetros de distância das lâmpadas. Essa técnica permitiu simular uma avaliação da alteração da cor da madeira quando expostas em um ambiente natural.

Portanto, o envelhecimento acelerado é uma técnica eficiente, que simula as condições de intemperismo em ambiente controlado, usada como medida de controle de qualidade em diversos processos de fabricação e análise de materiais. Além disso, permite obter informações como a resistência a corrosão, a durabilidade e a estabilidade à luz, as mudanças na cor, perda de brilho (Q-LAB, 2021).

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA E SUAS INFLUÊNCIAS NA ESCOLHA DE UMA ESPÉCIE FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE PISOS DE MADEIRA

A madeira é constituída por células que desempenham diferentes funções na planta e que a torna um material complexo. Por apresentar diversidade nas suas características de resistência mecânica, cor e textura; o uso da madeira em pisos é agradável pela aparência estética e sensação de conforto. Entretanto, por ser de origem biológica, pode apresentar comportamentos indesejados, destacando-se a necessidade de se conhecer o material e

utilizar processos e procedimentos adequados para se obter o melhor desempenho dos produtos e a satisfação dos usuários (ANDRADE, 2015).

A seleção da madeira é a principal característica para um deck, já que sua qualidade está relacionada com a matéria-prima empregada. Na escolha do melhor material, é importante observar a disponibilidade para manutenção e o local em que será aplicado. A umidade da madeira também deve ser levada em consideração, pois como o deck está sujeito à ação de chuvas, deve haver uma boa drenagem da água para evitar o acúmulo e deterioração da estrutura (ANDERSON; HEEBINK; OVIATT, 1972).

Para selecionar uma espécie como adequada à fabricação de pisos de madeira, devem ser observadas, principalmente, as propriedades físico-mecânicas como massa específica, dureza e retratibilidade. Adicionalmente, a escolha do piso de madeira pelo comprador está relacionada com aspectos estéticos (cor, textura, brilho) e as tendências da moda e do mercado.

A massa específica é uma das propriedades físicas mais importantes quando se deseja a produção de decks, pois ela tem influência considerável em outras propriedades. Ela é definida como sendo a medida da quantidade de material da parede celular presente em uma unidade de volume. De acordo com o tipo de material selecionado para a produção de um piso de madeira, pode ocorrer variações dessa característica, dentro da mesma espécie e dentro da mesma árvore. Essa variação pode ser afetada por fatores como a herança genética, condições fisiológicas e fatores do meio (PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

A madeira destinada à produção de pisos deve possuir densidade variando de moderada a alta e dureza satisfatória. Além disso, propriedades tecnológicas como a retratibilidade e a durabilidade natural devem ser levadas em consideração para a fabricação desse produto. Como se sabe, a massa específica está ligada à sua umidade devido às variações em massa e volume. Portanto, para a determinação da massa específica, é importante conhecer a retratibilidade volumétrica da madeira (TRIANOSKI et al., 2013).

A retratibilidade da madeira é outra característica importante para a produção de decks, visto que a madeira por ser um material higroscópico, sofre alterações dimensionais quando variam a umidade relativa e a temperatura do ambiente, contraindo-se ou expandindo-se, quando perde ou ganha umidade. Essas alterações dimensionais somente ocorrem quando as variações na umidade da madeira ocorrem abaixo da umidade de saturação das fibras (PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

Os decks de madeira são constantemente pisoteados e necessitam resistir à deformação. Nesse sentido, o estudo da dureza contribui com informações relevantes para a sua adequada utilização. A dureza é definida como a resistência requerida para um corpo sólido penetrar em outro por meio de esforço. Segundo Kretschmann (2010) e Moreschi (2012), madeiras pesadas são mais resistentes e possuem maior elasticidade e dureza, entretanto são também de trabalhabilidade mais difícil. Para a fabricação de pisos são utilizadas madeiras de média a alta densidade e dureza e com fácil usinagem.

Quanto às características químicas, alguns extrativos são responsáveis pela coloração, cheiro, gosto e a resistência ao apodrecimento. Existem alguns extrativos que interferem na utilização e qualidade da madeira, variando entre as espécies, dentro da mesma espécie e no próprio indivíduo (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980). É importante destacar que o teor de lignina interfere na densidade da madeira, e conseqüentemente na densidade do deck produzido, o que torna uma característica desejável para a sua produção.

O teor de cinzas também pode ser motivo de influência nas propriedades tecnológicas da madeira para a produção de pisos, visto que, segundo Paes et al. (2013), teores elevados de cinzas reduzem o ataque dos cupins na madeira, danificando suas mandíbulas e conseqüentemente reduzindo seu potencial de ataque.

CONCLUSÕES

Para a correta utilização da madeira na produção de decks, é necessário que se conheçam as suas propriedades tecnológicas. As combinações das características físicas, químicas e mecânicas; bem como as propriedades anatômicas e estéticas, determinam a qualidade da madeira para esta finalidade.

A modificação térmica pode promover melhores mudanças na resistência ao envelhecimento acelerado, uniformidade da cor e nas propriedades químicas, físicas e mecânicas da madeira, permitindo sua utilização em pisos de baixa circulação, como em decks.

O estudo contribui com dados relevantes para o seu uso e durabilidade, visto que esse tipo de piso é muito empregado em locais abertos, expostos às intempéries ambientais. É necessário conhecer o comportamento do material frente às mudanças do ambiente em

que o mesmo se encontra. Um requisito necessário para saber se determinada espécie de madeira é apropriada para um tipo de uso, é conhecer as suas características.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O.; HEEBINK T. B.; OVIATT, A. E. **Construction guides for exposed wood decks**. Washington: Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 1972. 78p. (Agriculture Handbook, 432).

ANDRADE, A. **Guia básico para instalação de pisos de madeira**. 2. ed. Piracicaba: ANPM, 2015. 104 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA - ANPM. **Identificação de madeira para piso**. Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://anpm.org.br/publicacoes/>>. Acesso em 01 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA - ANPM. **Pisos de madeira - características de espécies brasileiras**. Piracicaba, 2018. Disponível em: <<http://anpm.org.br/publicacoes/>>. Acesso em 02 fev. 2023.

AYADI, N. et al. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. **Holz als Roh-Und Werkstoff**, v. 61, n. 3, p. 221-226, 2003.

BARROSO, A. B. **Silvicultura especial de arboles maderables tropicales**. Cuba: Editorial Técnico Científico, 1983. 427p.

BATISTA, D.C. **Modificação térmica da madeira de *Eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro VAP HolzSysteme®**. 2012. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BELLON, K. R. R. et al. The effect of the thermal modification temperature in the resistance to the parallel compression of fiber for *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* and *Tectona grandis* wood. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 8, n. 18, p. 512-520, 2014.

BOLAND D. J. et al. **Forest trees of Australia**. 5. ed. Melbourne: CSIRO Publishing, 2006. 768 p.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Biomassa & Energia**, v.1, n.2, p.173-182, 2004.

BRITO, J. O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. *Cerne*, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

CADEMARTORI, P. H. G. de et al. Effect of thermal treatments on technological properties of wood from two *Eucalyptus* species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 87, n. 1, p. 471-481, 2015.

CADEMARTORI, P. H. G.; MISSIO, A. L.; MATTOS, B. D. Natural weathering performance of three fast-growing eucalypt woods. *Maderas. Ciencia y Tecnologia*, v.17, n.4, p.799-808, 2015.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; BALLARIN, A. W. Physical and mechanical properties of thermally modified wood from *E. grandis*. *European Journal of Wood and Wood Products*, Berlin, v.70, n.4, p.453-460, 2012.

DELUCIS, R. A. et al. Propriedades físicas da madeira termorreificada de quatro folhosas. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 1, p. 99-107, 2014.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. Propriedades físicas e acabamento superficial da madeira de eucalipto termicamente tratada. *Ciências Agrárias*, v. 58, n. 3, p. 270-276, 2015.

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. *BioResources*, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2008.

FALK, B.; WILLIAMS, S. **Details for a lasting deck**: Government scientists study outdoor structures and report on which details, fasteners and finishes hold up best. 1996. p. 62-81. Disponível em: <<https://bit.ly/2lq4FZH>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

GONÇALEZ, J. C. et al. Características tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. cloeziana* visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

GONÇALEZ, J. C. et al. Efeito da radiação ultravioleta na cor de madeira de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 4, p. 657-644, 2010.

GUIMARÃES, C. C. S. et al. Madeira biosintética /plástica /sustentável. *Caderno de Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 4, n. 3, p. 21-29, 2018.

HULLER, L. A. S. et al. Modificação térmica e propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, n. 90, p. 183-188, 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório IBÁ 2017**. Brasília: 80p. Disponível em:< <https://bit.ly/2gMxFwr>>. Acesso em: 02 fev 2023.

- KRETSCHMANN, D. E. Mechanical properties of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 5-46, 2010.
- LEPAGE, E. **Deck de madeira maciça versus compósito madeira-plástico**. 2013. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/a/deck-de-madeira-macica-versus-composito-madeiraplastico_6825>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- LESAR, B. et al. Wax treatment of wood slows photodegradation. **Polymer Degradation and Stability**, v. 96, n. 7, p.1271-1278, 2011.
- MARTINS, S. A. et al. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 135-143, 2011.
- MENEZES, M. W. et al. Modificação térmica nas propriedades físicas da madeira. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1019-1024, 2014.
- MITSUI, K.; TSUCHIKAWA, S. Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 81, n. 2, p. 84-88, 2005.
- MODES, K. S. et al. Efeito da termorretificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 291-302, 2017.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. 4. ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2012.
- MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Efeito do termorretificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 89, p. 69-76, mar, 2011.
- OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: Lepage, E.S. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-278.
- PAES, J. B. et al. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 550-555, 2013.
- PAES, J. B. et al. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013
- PAES, J.B. et al. Resistência natural de madeiras a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 47, p. 199-210, 2007.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York: McGraw-Will, 1980. 722 p.

POLZL, W. B.; SILVA, J. C. G. L. Análise do mercado de pisos de madeira laminada na cidade de Curitiba (marketing de vendas ao consumidor final). **FLORESTA**, v. 31, n. 1, p 5-14. 2001.

PONCSAK, S. et al. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). **Wood Science and Technology**, v. 1, n. 40, p. 647-663, 2006.

QIAN, Y. et al. Fabrication of uniform lignin colloidal spheres for developing natural broad-spectrum sunscreens with high sun protection factor. **Industrial Crops and Products**, v.101, p. 54-60, 2017.

Q-LAB. **QUV accelerated weathering tester**. Disponível em: <<https://www.qlab.com/pt-br/products/quv-weathering-tester/quv/>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Brasília: LPF/BAMA, 2003. 35 p.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ROSU, D. et al. FTIR and color change of the modified wood as a result of artificial light irradiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 99, n. 3, p.144-149, 2010.

SANTANA, R. B. **Processo de termorretificação em espécies florestais da Amazônia**. 2016. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

SANTOS, I. S.; LIMA, J. T; SILVA, J. R. M. Avaliação de pisos produzidos a partir de toras de clones de *Eucalyptus* sp. com pequenos diâmetros. **Cerne**, v. 16, n. 4, p.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A.; **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 65 p.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PASTORE JÚNIOR, F. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, v.17, n.1, p.17-23, 2007.

SOARES, A. K. et al. Intemperismo artificial de quatro revestimentos aplicados em madeiras de duas espécies florestais. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 313-320, 2018.

STACKPOLE, D. J. et al. Genetic variation in the chemical components of *Eucalyptus globulus* wood. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 1, n. 2, p. 151-159, 2011.

SUDIYANI, Y. et al. Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering. **Journal of Wood Science**, v. 45, n. 4, p. 348-353, 1999.

TELES, R. F.; COSTA, A. F. Influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2014.

TRIANOSKI, R. et al. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de Pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 398-406, 2013.

UGULINO, B.; HERNÁNDEZ, R. E. Avaliação das superfícies usinadas da madeira de carvalho vermelho em relação ao desempenho de um revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA. 2., 2015, Belo Horizonte. **Anais eletônicos...** Belo Horizonte: UFMG, 2015. Disponível em: < <https://bit.ly/2KhGS0f>>. Acesso em: 21 jan 2023.

UNSAI, O. et al. The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood. **Maderas. Ciência y Tecnología**, v. 5, n. 2, p. 145-152, 2003.

Parcerias empresariais para criação de consórcio de geração de energia elétrica: um estudo de caso

Autores:

Amarildo Hersen

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava-PR

Romano Timofeiczky Junior

Pós-Doutor pelo Laboratoire d'économie Forestière, Institut Nationale de Recherche Agronomique - INRA, Nancy, France. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

João Carlos Garzel Leodoro da Silva

Pós-Doutor pela Michigan State University (MSU), USA. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

Dimas Agostinho da Silva

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

DOI: 10.58203/Licuri.20104

Como citar este capítulo:

HERSEN, Amarildo et al. Parcerias empresariais para criação de consórcio de geração de energia elétrica: um estudo de caso. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). *Estudos em Ciências Florestais e Agrárias*. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 46-63.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo verificar a existência de um grupo de indústrias de produtos de madeira no município de Guarapuava-PR com características favoráveis para se organizarem sob forma de consórcio para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica. Os dados utilizados tiveram origem em pesquisa de campo, coletados com aplicação de questionário junto às indústrias do município. Em termos de método de pesquisa, se fez uso de combinação de métodos. A análise fatorial exploratória foi utilizada para redução do conjunto de variáveis em fatores. A adequação da análise fatorial foi auferida por meio da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e teste de esfericidade de Bartlett. A extração do número de fatores se fez por meio de Análise dos Componentes Principais. O número de fatores foi determinado pelo critério de Kaiser e gráfico Scree e o método de rotação utilizado foi o ortogonal Varimax. A análise de conglomerados foi utilizada para determinar agrupamentos das indústrias participantes. Elaborou-se matriz de dissimilaridade por distância quadrática euclidiana, o algoritmo de agrupamento foi o hierárquico (método Ward), o número de agrupamentos foi determinado pela observação das variações percentuais de heterogeneidade e análise de dendrograma. Os resultados mostraram a existência de três diferentes agrupamentos de indústrias, um desses com melhor perfil de se organizarem sob forma de consórcio contratual para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica.

Palavras-chave: Economia florestal. Economia regional. Racionalidade econômica. Consórcio contratual.

INTRODUÇÃO

A Resolução Normativa nº 482/ANEEL (ANEEL, 2012) é reconhecida por Bajay et al. (2018) como importante marco regulatório da Geração Distribuída (GD) de pequeno porte no Brasil. Segundo Altoé et al. (2017), a referida resolução estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e instituiu o sistema de compensação de energia elétrica no país. De acordo com a resolução, as unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída (potência instalada de até 1 MW), a partir de fonte hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, podem compensar seu consumo de energia.

A Resolução nº 482 foi atualizada pelas Resoluções nº 687/15 e nº786/17 da ANEEL. As principais mudanças verificadas se referem ao tempo para compensação, ampliado de 36 para 60 meses, e o limite de potência instalada por usina que passou a ser 5 MW para cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015 e 2017; ALTOÉ et al., 2017).

Dentro da micro e minigeração distribuída no Brasil, a compensação dos créditos gerados pode ocorrer em diferentes modalidades, detalhadas na RN nº 687/2015 da ANEEL. A primeira modalidade é a forma clássica. Nessa, a geração e o consumo da energia elétrica ocorrem na própria unidade consumidora onde a energia foi gerada.

A segunda modalidade é denominada de autoconsumo remoto. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), nessa modalidade, a compensação dos créditos gerados também pode ocorrer em unidades consumidoras de outras localidades. Para tanto, essas outras localidades necessitam estar dentro da área de abrangência de uma única distribuidora e serem da mesma titularidade (CPF ou CNPJ).

A terceira modalidade para compensação dos créditos gerados sob a forma de micro ou minigeração distribuída se refere a empreendimento com múltiplas unidades consumidoras. Nessa modalidade se enquadram os condomínios, sendo aplicável tanto para condomínios residenciais quanto comerciais. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), a energia gerada e injetada na rede pode ser rateada entre os participantes e as instalações para atendimento das áreas de uso comum dos condôminos constituem uma unidade consumidora distinta e de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com micro ou minigeração

distribuída. As unidades consumidoras devem estar localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, não sendo permitida a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

A quarta e última modalidade, motivadora da presente pesquisa, é a chamada geração compartilhada. Nessa modalidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) destaca que os consumidores podem se organizar sob a forma de consórcio ou cooperativa, podendo reunir pessoa jurídica ou física, respectivamente, para compartilhar a energia de um gerador e, assim, participar do sistema de compensação de energia elétrica. Da mesma forma que a modalidade de autoconsumo remoto, o sistema de geração pode ser instalado em local diferente do consumo, desde que na área de abrangência da mesma distribuidora. Ainda, o sistema de geração deve estar em uma unidade consumidora integrante do consórcio ou da cooperativa.

De forma bastante prática, a geração compartilhada possibilita que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem um sistema de micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados, conforme o caso (SOCCOL et al., 2016).

Apesar da existência de estímulo regulatório, gerar a própria energia elétrica é uma preocupação relativamente recente para indústrias de menor porte. Além disso, a necessidade de realização de investimentos e a incerteza do retorno são elementos que muitas vezes acabam limitando a adesão da pequena empresa aos estímulos lançados pelo poder público ou órgãos reguladores. Contudo, a geração compartilhada, uma das modalidades de GD, com implantação de consórcio de geração formado por indústrias locais pode ser uma alternativa para as menores indústrias do setor alcançarem maior segurança energética e previsibilidade no custo do insumo, merecendo aprofundamento de estudo.

A cooperação entre as empresas mostra-se como um importante mecanismo capaz de torná-las mais competitivas no mercado que atuam. Fortalecer o poder de compra, compartilhar recursos, combinar competências, dividir o ônus de realizar pesquisas tecnológicas, partilhar riscos e custos para explorar novas oportunidades, oferecer produtos com qualidade superior e diversificada são as estratégias cooperativas mais utilizadas. Essas estratégias representam novas possibilidades de atuação no mercado, para as empresas que aderem à cooperação (CASTRO, 2014).

A formação de um consórcio apresenta inúmeras vantagens ao racionalizar os esforços das empresas, mobilizando as capacidades específicas e tornando as empresas consorciadas mais eficientes para a realização do objeto do consórcio, objeto este que isoladamente as empresas possivelmente não teriam condições de executar. Forma-se, portanto, sob a égide solucionadora de determinadas dificuldades ou obtenção de determinado interesse comum (MIRANDA, 2010).

O consórcio empresarial é definido como a união de várias empresas com a finalidade de realizar um empreendimento ou efetuar negociações geralmente maiores do que a capacidade individual de cada participante. É formado a partir de um contrato entre as empresas consorciadas, dando origem à denominação “consórcio contratual”. O consórcio não tem personalidade jurídica própria e não tem capacidade patrimonial, pois seus bens pertencem a um ou mais de seus sócios. É prática comum uma empresa-líder ser eleita para tomar frente dos assuntos e representar os interesses do consórcio (DAMÁZIO, 2012).

Soma-se à ideia de cooperação entre empresas o fato da indústria de produtos de madeira ter potencial crescente para geração de energia elétrica a partir da biomassa florestal. Projetos de geração compartilhada de energia elétrica, com uso da biomassa florestal, podem contribuir para redução do custo do insumo para as indústrias do setor, principalmente as de menor porte, melhorar o aproveitamento da biomassa florestal e incentivar maior geração de energia proveniente de fonte renovável. Os benefícios transbordam o setor e atingem outros agentes econômicos.

Sob a ótica da espacialidade, no município de Guarapuava-PR, local de realização da pesquisa, a indústria da madeira é tradicional e de importância histórica para o município e região. O setor madeireiro movimenta a indústria da região e as áreas de floresta plantada favorecem as atividades que têm como base a madeira, constituindo a principal atividade industrial no município (BRAVIN, 2011).

Sob o ponto de vista do sistema nacional e integrado de geração de energia elétrica, o estímulo à Geração Distribuída por indústrias do setor florestal é também um estímulo à descentralização da geração de eletricidade no país. O efeito direto percebido é a desoneração de investimentos em rede de transmissão de energia elétrica.

Por fim, sob a ótica ambiental, a contribuição da pesquisa se dá ao estímulo à utilização de fonte energética não fóssil. Com a baixa nos níveis dos reservatórios de água das hidroelétricas, realidade cada vez mais frequente no país, não são raras as vezes que o sistema nacional de geração de energia elétrica recorre ao acionamento de

termelétricas, com uso de fonte não renovável de energia. Desta forma, parece razoável que um país de dimensões continentais busque constantemente ações que promovam a geração de energia elétrica com prioridade para fontes renováveis.

O objetivo da pesquisa foi verificar a existência de um grupo de indústrias de produtos de madeira no município de Guarapuava-PR com características favoráveis para se organizarem sob forma de consórcio para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica.

METODOLOGIA

A pesquisa abrange apenas parte do município de Guarapuava-PR, isso porque de forma atípica, o município é atendido por duas distribuidoras de energia elétrica - Energisa e Copel. Dado que RN nº 482/2012 da ANEEL não permite a geração no espaço de concessão de uma distribuidora e a compensação no espaço de outra, necessitou-se escolher a área de abrangência de uma das distribuidoras. Considerando que a concessionária Energisa é responsável pela distribuição de energia elétrica no Distrito Sede e Distrito Guará, optou-se por limitar a área de abrangência espacial do estudo à área de atuação dessa distribuidora, área de concentração de maior número de indústrias no município.

Foram consideradas na amostragem desse estudo as indústrias de fabricação de produtos de madeira, que corresponde a uma divisão da indústria da transformação. O critério de definição das indústrias participantes da pesquisa seguiu a Classificação Nacional de Atividade Econômica, CNAE, na versão CNAE-Subclasses 2.3.

A identificação das indústrias foi realizada a partir do Sindicato das Indústrias de Madeira, Serrarias, Beneficiamentos, Carpintaria e Marcenaria, Tanoarias, Compensados e Laminados, Aglomerados e Embalagens de Guarapuava - SINDUSMADEIRA. O sindicato representa a Indústria de Fabricação de Produtos de Madeira no Município de Guarapuava e “foi constituído para fins de estudo, coordenação, proteção e representação legal da categoria econômica das Indústrias de Madeira de Guarapuava e região” (SINDUSMADEIRA, 2019, p. 1).

O SINDUSMADEIRA abrange empresas de sete municípios da Região, totalizando 68 empresas representadas pelo sindicato. No município de Guarapuava está o maior número de empresas, sendo 47, no período da pesquisa. A pesquisa contemplou todas as indústrias

em atividade e constante nos registros do Sindicato, enquadradas na classificação das indústrias de interesse e localizadas na área de concessão da Distribuidora Energisa em Guarapuava, totalizando trinta e dois estabelecimentos industriais.

Os dados utilizados na pesquisa são de natureza primária, coletados por meio de entrevista com aplicação de questionário. O critério utilizado para levantar as informações é identificado por Vieira (2009, p.7-8) como de “levantamento de dados feito por entrevista face a face”, sendo fechadas as questões utilizadas para a análise fatorial. As perguntas foram apresentadas exatamente com as mesmas palavras, sempre na mesma ordem e com as mesmas opções de respostas, ou seja, o questionário foi “estruturado não disfarçado” (Tabela 1).

Tabela 1. Questões aplicadas para realização de Análise Fatorial

N	Questões
1	A empresa tem controle detalhado sobre todos os seus custos de produção
2	A empresa tem um grupo específico de profissionais para estudar, discutir e propor estratégias de redução de custos e despesas
3	O gasto com energia elétrica é relevante nos custos da empresa
4	A empresa está preocupada com o preço pago pela energia elétrica
5	A empresa não consegue reduzir o preço da energia elétrica que consome
6	A empresa tem preocupação ambiental
7	A empresa tem demonstrado de forma prática sua preocupação ambiental
8	A empresa prioriza utilizar combustível de fontes renováveis
9	A empresa tem clientes que exigem práticas que demonstrem preocupação ambiental
10	A empresa acredita que parcerias e consórcios são importantes para a redução de custos
11	A empresa participa ativamente de associações empresariais
12	Para manter a competitividade, a empresa tem muitas atividades coletivas na sociedade
13	A empresa tem realizado convênios, parcerias público-privada ou outras atividades que envolvem parceiros externos

As possíveis respostas para as questões foram apresentadas em escala likert de cinco pontos, sendo: (1) discordo totalmente, (2) discordo parcialmente, (3) neutra, (4) concordo parcialmente, (5) concordo totalmente. As entrevistas foram realizadas entre

10 e 31 de maio de 2019 com trinta e duas indústrias participantes, sendo o sócio proprietário entrevistado em vinte e duas empresas e o gerente administrativo em dez.

pesquisa configura-se como sendo de natureza aplicada e no tocante aos objetivos classifica-se como exploratória, com estudo de caso. Com relação à forma de abordagem, a pesquisa foi quantitativa, utilizando integração das abordagens de análise fatorial e análise de conglomerados, com uso do software SPSS. Para realização da Análise Fatorial, o tamanho da população seguiu as considerações mínimas no que se refere ao tamanho da amostra proposta por Hair Junior et al. (2009).

A análise fatorial foi utilizada para reduzir o número de variáveis, adquiridas com a aplicação de questionário junto às indústrias. Para Maroco (2007), o objetivo primordial da Análise Fatorial é atribuir uma quantificação (escore) a fatores (constructos) que não são diretamente observáveis. Assim, é possível resumir a informação presente em muitas variáveis em um número reduzido de fatores, não observáveis num primeiro momento. As variáveis foram reduzidas a fatores possibilitando sintetizá-las, uma vez que quanto maior o número de variáveis, mais complexo é seu entendimento e interpretação. As etapas seguidas para realização da referida análise são sugeridas por Fávero et al. (2009) e constam na Figura 1.

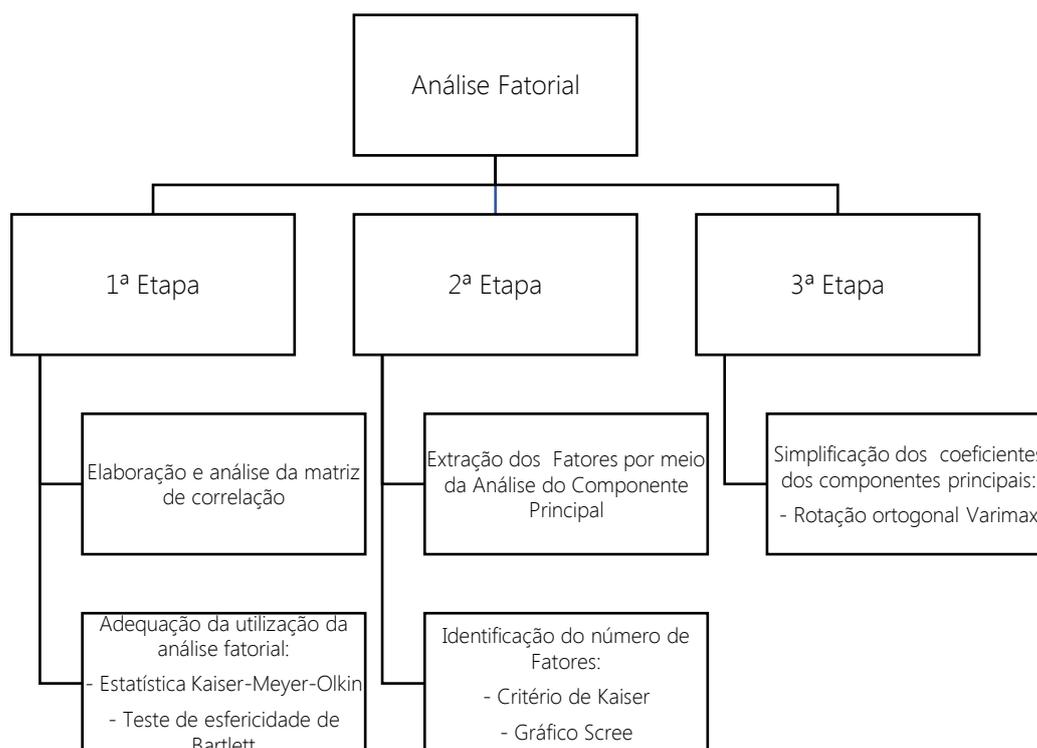


Figura 1. Etapas da análise fatorial.

Seguindo as etapas do processo, a primeira consistiu na elaboração e análise da matriz de correlação. Em seguida verificou-se a adequação da utilização da análise fatorial, com uso da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que conforme Fávero et al. (2009), resulta da seguinte equação:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (1)$$

Em que: KMO = Kaiser-Meyer-Olkin; r_{ij} = coeficiente de correlação entre variáveis; a_{ij} = coeficiente de correlação parcial.

Complementarmente se verificou adequação da análise fatorial por meio do teste de esfericidade de Bartlett. Na sequência se buscou extrair e identificar o número ideal de fatores. A extração dos fatores se deu por meio da Análise dos Componentes Principais (ACP). Já para determinação do número de fatores, foram utilizados conjuntamente os critérios de raiz latente (critério de Kaiser) e gráfico Scree.

Na sequência se buscou transformar os coeficientes dos componentes principais em uma estrutura simplificada com uso do método de rotação ortogonal Varimax. Por fim, nominou-se o conjunto de variáveis de cada fator, levando em consideração a carga fatorial de cada variável.

A Análise de Conglomerados foi então integrada à análise fatorial. A utilização da análise de conglomerados objetivou propor uma estrutura classificatória para as indústrias participantes da pesquisa. Essa classificação se deu de modo que as indústrias assemelhadas se concentrem em um mesmo agrupamento, tendo como critério de definição os fatores identificados com a análise fatorial. Nessa etapa, as empresas com características diferentes das primeiras são alocadas em outro(s) agrupamento(s). As etapas para a formação dos agrupamentos, com uso da análise de conglomerados, são previstas por Fávero et al. (2009) e sintetizadas na Figura 2.

A sequência das etapas percorridas para realização da análise de agrupamentos seguiu a proposta de Malhotra (2006) e Fávero et al. (2009). Na etapa da formulação do problema, determinaram-se as variáveis que nortearam o procedimento de agrupamento das empresas, sendo essas reduzidas a fatores, mediante utilização de Análise Fatorial. A partir desses fatores iniciou-se a análise de agrupamento. Não foram identificadas

grandezas destoantes (outliers), justificado no fato de que os agrupamentos realizados partiram de fatores, sendo desnecessária a padronização das variáveis. Para Vicini e Souza (2005) os dados devem ser tratados (padronizados) nos casos em que as variáveis são medidas em unidades muito diferentes.

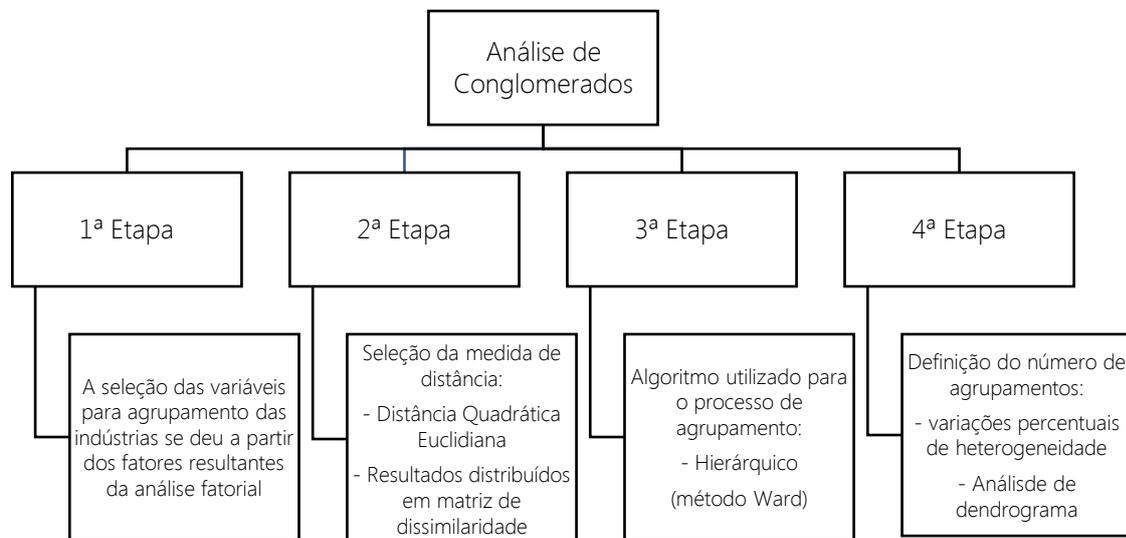


Figura 2. Etapas da análise de conglomerados.

Na sequência se utilizou a métrica de distância (Distância Quadrática Euclidiana). Segundo Seidel et al. (2008, p. 9) “quanto mais próximo de zero for a distância euclidiana, mais similares são os objetos comparados”. Matematicamente a referida métrica pode ser expressa por:

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (2)$$

Em que: Distância Quadrática Euclidiana; Valor da variável k, referente a observação i; Valor da variável k, referente a observação j.

Após os resultados serem distribuídos em uma matriz (de dissimilaridade), o passo seguinte consistiu em determinar o algoritmo utilizado para o processo de agrupamento (método de agregação utilizado), sendo esse o hierárquico. O método de Ward foi utilizado como algoritmo aglomerativo (hierárquico).

A etapa que seguiu diz respeito a definição do número de agrupamentos. Definiu-se o número de agrupamentos tendo por base as variações percentuais de heterogeneidade. Na intenção de buscar consenso sobre o número adequado de agrupamentos, optou-se também por definir o número de agrupamentos com base na visualização gráfica do dendrograma.

O estágio de interpretação consiste no exame de cada agrupamento, em termos da variável estatística de agrupamento, com intuito de nomear ou identificar um rótulo apropriado para descrever a natureza dos grupos (HAIR JUNIOR et al., 2009). De posse dos agrupamentos realizou-se análise das características de cada grupo com intuito de identificar o(s) agrupamento(s) com as melhores características para composição do consórcio, para geração compartilhada de energia elétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de redução das variáveis em fatores, elaborou-se matriz de coeficientes de correlação e verificou-se diversos coeficientes superiores a 0,30, indicando a existência de associação entre as variáveis, podendo assim resumi-las em fatores.

Como Kaiser-Meyer-Olkin ($KMO=0,559$) não apresentou grandeza abaixo de 0,50, a análise fatorial proposta não está no campo da inaceitabilidade. Da mesma forma, o teste de esfericidade de Bartlett sugere que as interrelações entre as variáveis não são iguais a zero ($p < 0,05$), dessa forma a utilização da análise fatorial pode ser considerada apropriada.

Os fatores extraídos por meio da Análise do Componente Principal (ACP) compõem a matriz de variância total (Tabela 2). Com a matriz é possível perceber que um único fator explica 34,05% da variância total, dois fatores explicam 53,26% e três fatores 65,15%. A partir do quarto fator, os acréscimos de percentual de explicação da variância total mostram-se mais modestos para cada fator, contribuindo singelamente para a explicação da variância total.

A matriz de variância total explicada proporcionou uma primeira intenção de identificar o número ideal de fatores. O critério de Kaiser sugere que apenas fatores com autovalor superior a 1 (um) sejam utilizados, sendo que três fatores atenderam esse critério.

Tabela 2. Resultado dos fatores extraídos da Análise do Componente Principal.

Componente	Valores próprios iniciais		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,427	34,053	34,053
2	2,496	19,204	53,257
3	1,546	11,891	65,148
4	0,980	7,538	72,686
5	0,864	6,643	79,329
6	0,693	5,329	84,658
7	0,556	4,276	88,934
8	0,423	3,256	92,190
9	0,357	2,746	94,936
10	0,298	2,295	97,231
11	0,163	1,254	98,485
12	0,130	1,002	99,487
13	0,067	0,513	100,000

Com a aplicação do método de rotação foi possível visualizar as variáveis componentes de cada fator e a redução das 13 variáveis em 3 fatores. Seis variáveis (3, 4, 5, 6, 7 e 10) compuseram o fator X, quatro variáveis formaram o fator Y (9, 11, 12 e 13) e apenas três variáveis alocaram-se no fator Z (1, 2 e 8), conforme evidenciado na Tabela 3.

Com base na relação das variáveis de cada fator, foi possível nominar os fatores. Considerando que as variáveis são listadas em ordem decrescente de importância (carga), a nomenclatura eleita para representar cada fator levou em consideração a carga da variável.

O primeiro fator está principalmente relacionado com as variáveis “preocupação com o preço da energia elétrica”, “impossibilidade de reduzir o preço da eletricidade” e do fato da “eletricidade ser um gasto relevante nos custos”. A importância desse fator pode ser ratificada com o estudo da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018) em que ao levantar aspectos conjunturais que têm impactado o desempenho das empresas do setor florestal no Estado, uma grande preocupação é o aumento no custo de produção, a exemplo a energia.

O segundo fator tem presença de variáveis relacionadas a “atividades coletivas”, “participação ativa em associações empresariais”, “realização de parcerias”. Com menos

carga, alocou-se nesse fator também a variável que capta a existência de “clientes que exigem práticas de preocupação ambiental”.

Tabela 3. Descrição das variáveis e respectivos fatores

Fator (*)	Nomenclatura do Fator	Variável	Descrição da variável
X	Esforço em redução de custos, ambientalmente correta	4	A empresa está preocupada com o preço pago pela energia elétrica
		5	A empresa não consegue reduzir o preço da energia elétrica que consome
		3	O gasto com energia elétrica é relevante nos custos da empresa
		7	A empresa tem demonstrado de forma prática sua preocupação ambiental
		6	A empresa tem preocupação ambiental
		10	A empresa acredita que parcerias e consórcios são importantes para a redução de custos
Y	Acreditam em parcerias e seus resultados	12	Para manter a competitividade, a empresa tem muitas atividades coletivas na sociedade
		11	A empresa participa ativamente de associações empresariais
		13	A empresa tem realizado convênios, parcerias público-privada ou outras atividades que envolvem parceiros externos
		9	A empresa tem clientes que exigem práticas que demonstrem preocupação ambiental
Z	Competências de gestão	1	A empresa tem controle detalhado sobre todos os seus custos de produção
		2	A empresa tem um grupo específico de profissionais para estudar, discutir e propor estratégias de redução de custos e despesas
		8	A empresa prioriza utilizar combustível de fontes renováveis

Nota: (*) Para diferenciar o número dos fatores ao número de agrupamento, se optou em utilizar as letras X, Y e Z que correspondem respectivamente aos fatores 1, 2 e 3.

O terceiro fator foi composto por três variáveis. A variável de maior importância foi a que se refere à existência de “controle detalhado de custos de produção”. Na sequência foi a existência de “grupo de profissionais para estudar estratégias de redução de custos”.

Por fim, a terceira variável do fator diz respeito à “priorização de uso de fontes renováveis”. Dessa forma, esse fator representa competências relacionadas à gestão e as indústrias agrupadas nesse fator podem ser consideradas as mais organizadas em termos de controle, equipe de profissionais, além de adotarem práticas ambientalmente corretas.

Não por acaso o controle do custo de produção mostrou como variável de maior relevância no terceiro fator. Os custos são elemento chave para as decisões de produção, bem como determinação de preços. Para Thums et al. (2018), em um ambiente de mercado cada vez mais competitivo e em constante transformação, a gestão estratégica de custos assumiu nos últimos anos um papel importante na busca pelos diferenciais e pelas vantagens competitivas das empresas. Segundo os autores, essa consiste na aplicação de técnicas que melhorem a posição competitiva da empresa, ao mesmo tempo em que reduzem seus custos.

Definidos os fatores que sumarizam as variáveis e representam a síntese das questões aplicadas junto às indústrias em pesquisa de campo, realizou-se análise de agrupamento das empresas participantes. Realizadas as etapas detalhadas nos procedimentos metodológicos, o dendrograma resultante, para fins de definição do número apropriado de agrupamentos, consta na Figura 4.

Ao se realizar corte transversal na distância 10 (linha pontilhada na Figura), dois importantes elementos podem ser percebidos: formação de grupos menos heterogêneos e grupos mais equilibrados em termos de quantidade de participantes. Nota-se que à medida que se aumenta a distância (de 10 para 15), agrega-se aos grupos algumas empresas com características menos similares, alocadas em outros agrupamentos até então. Já quando se considera distância menor que 10 (de 10 para 5), formam-se mais grupos e estes com quantidades de participantes mais destoantes entre si.

Assim, optou-se pela configuração de três diferentes agrupamentos de tamanhos menos díspares e internamente mais homogêneos. O primeiro agrupamento foi constituído por dezesseis empresas que em geral acreditam na existência de efeitos positivos provenientes de parcerias, contudo essas empresas apresentam dificuldades de caráter administrativo, com controles parciais de custos, falta de equipe técnica na gestão e dificuldades na elaboração de estratégias para redução de custos e despesas.

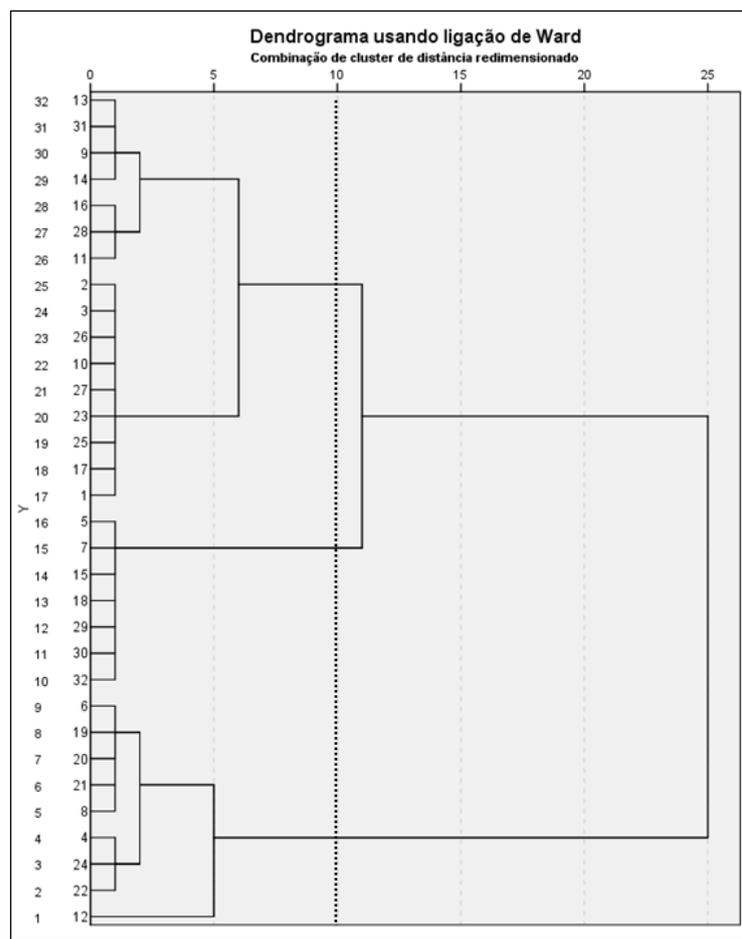


Figura 4. Dendrograma para identificação do número de agrupamentos.

Já o segundo agrupamento, formado por nove empresas, tem como característica marcante não acreditar em parcerias. As empresas desse agrupamento acreditam que parcerias não são necessárias para resolver seus problemas de gestão e controle, custos, preços de mercado, etc.

O terceiro agrupamento, constituído por sete empresas, reuniu as empresas mais organizadas em termos de gestão. Essas evidenciaram dispor de controle detalhado de custos de produção e ainda conter, em seu quadro de colaboradores, profissionais mais capacitados e focados em propor estratégias de redução de custos e despesas. As empresas do agrupamento também se mostraram abertas a parcerias, já participam ativamente de associações empresariais e acreditam que parcerias e consórcios são importantes para redução de custos. Na Tabela 4 estão expostos os agrupamentos e respectivas empresas.

Das 16 empresas do primeiro agrupamento, cinco empresas têm como produto principal o compensado, duas a laminação, duas empresas a madeira serrada e

beneficiada, em duas empresas o palete é o produto principal e outras duas a madeira beneficiada. Para completar o grupo, ainda fez parte uma empresa de portas, uma de madeira tratada e uma de madeira serrada.

Tabela 4. Agrupamentos das empresas.

Agrupamento	Característica do agrupamento	Cód. da Empresa
1	Acreditam em parceria, dificuldades de gestão	1, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 23, 25, 26, 27, 28, 31
2	Descrentes de parcerias	4, 6, 8, 12, 19, 20, 21, 22, 24
3	Parceiros ideais (maduras em termo de organização e gestão e acreditam em parcerias)	5, 7, 15, 18, 29, 30, 32

Já no segundo agrupamento, cinco empresas têm como produto principal a lâmina, duas empresas a madeira serrada, uma empresa de madeira serrada e beneficiada e uma empresa de paletes. O terceiro agrupamento foi formado por três empresas de compensados, uma laminadora, uma empresa de madeira serrada e beneficiada, uma empresa de palitos de sorvete e uma de madeira tratada e beneficiada. Já as características relacionadas ao porte das empresas podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4. Perfil dos agrupamentos identificados

Agrupamento	Número de empregos	Número de Empresas por porte			
		Micro	Pequena	Média	Grande
Agrupamento 1	375	12	4	0	0
Agrupamento 2	103	8	1	0	0
Agrupamento 3	904	2	1	4	0
Total	1.382	22	6	4	0

Nenhum agrupamento contém indústrias de grande porte, mas o agrupamento 3 contempla as maiores empresas dentre os agrupamentos formados e detém o maior número de postos de trabalho. Também apresentou as características mais favoráveis para compor consórcio. Esse agrupamento é formado por quatro empresas de médio porte, sendo que três têm como produto principal o compensado e uma o palito de sorvete, e juntas empregam 843 trabalhadores. Já os agrupamentos 1 e 2 foram formados apenas

por empresas de menor porte (micro e pequenas), com os diversos produtos de madeira e conjuntamente empregam 539 trabalhadores.

Micro e Pequenas empresas mostram-se presentes principalmente no agrupamento 1, sendo uma das características marcantes do agrupamento a dificuldade de gestão. Essas empresas menores mostraram-se desprovidas de estrutura organizacional bem definida, carentes de departamentalização e equipe focadas em atividades administrativas específicas, sendo que geralmente o administrador/proprietário absorve a maior parte das atividades relacionadas à gestão, financeiro e vendas. Segundo Santana et al. (2016), a maioria das micro e pequenas empresas apresentam problemas de gestão por possuírem estrutura organizacional deficiente e por dar pouca ênfase ao planejamento e controle da produção.

Crnkovic e Moretti (2012) destacam que além da estrutura organizacional das micro e pequenas empresas mostrarem-se relativamente simples, o comportamento é pouco formal e o uso de planejamento e treinamento é mínimo. Segundo os autores essas empresas também mostram carência de mecanismos para geração de vantagens competitivas diante do mercado e apresentam poucas barreiras à entrada de concorrentes. Somam-se ainda outras carências como a de capacidade gerencial e conhecimento de normas que orientam o processo capitalista.

CONCLUSÕES

A análise fatorial e de conglomerados aplicadas para contribuir com a tomada de decisão empresarial reporta resultados que sugerem a existência de três diferentes agrupamentos para as indústrias participantes, sendo um desses com melhor perfil de se organizarem sob forma de consórcio contratual para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica. Esse agrupamento se constituiu por indústrias maduras em termos de organização e gestão, empresas essas que acreditam em parcerias e mostraram-se mais apropriadas para integrar consórcio de empresas para fins específicos.

Sugere-se para investigações futuras e continuidade dessa pesquisa verificar, por meio de análise de viabilidade econômica, se a proposta de consórcio se sustenta sob o ponto de vista econômico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, 19 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. Diário Oficial, seção 1, p. 45, v. 152, n. 230, 2 de dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Diário Oficial, seção 1, p. 94, v. 154, n. 207, 27 out. 2017.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. Estudos Avançados, São Paulo, v.31, n. 89, p. 285-297, 2017.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL, APRE. Estudo Setorial 2017/2018. Curitiba: STCP, 2018.

BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. 1 Ed. Campinas: IEI Brasil, 2018.

BRAVIN, N. J. R. Arranjo espacial das indústrias de Guarapuava - PR: uma análise a partir dos distritos industriais. 192 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, Paraná, 2011.

CASTRO, L. H. Consórcio de empresas. Brasília: Sebrae, 2014.

CRNKOVIC, L. H.; MORETTI, S. L. A. Gestão de micro e pequenas empresas: uma proposta de disciplina para a formação do engenheiro. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 7, n. 4, p. 11-24, 2012.

DAMÁZIO, A. M. Referenciais de cooperação do SEBRAE. Brasília: SEBRAE, 2012.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; DA SILVA, F. L.; CHAN, B. L. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HAIR JUNIOR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. Análise multivariada de dados. 6 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MAROCO, J. Análise estatística: com utilização do SPSS. 3 Ed. Lisboa: Sílabo, 2007.

MIRANDA, M. B. Consórcio de empresas. Revista Eletrônica Direito, Justiça e Cidadania, São Roque, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2010.

SANTANA, E. N.; CUNHA, L. P.; MARIZ, F. B. A. R. Indicadores de desempenho para micro e pequenas empresas: análise da literatura e estudo de caso. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil, João Pessoa, PB, Anais... XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.

SEIDEL, E. J.; MOREIRA JUNIOR, F. J.; ANSUJ, A. P.; NOAL, M. R. C. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. Ciência e Natureza, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 07-15, 2008.

SINDUSMADEIRA. Sobre. Disponível em: <<http://sindusmadeira.com.br/sobre/>> Acesso em: 02 de abril de 2019.

SOCOL, F. J.; PEREIRA, A. L. CELESTE, W. C.; COURA, D. J. C.; CHAVES, G. L. D. Desafios para implementação da geração distribuída de energia no Brasil: uma revisão integrativa da literatura. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, v. 2, nº 3, p. 31-43, 2016.

THUMS, A.; DALL AGNOL, M.; MARETH, T.; CHAMUN, L. M. Custo Padrão como ferramenta de controle: uma revisão sistemática. In: XXV Congresso Brasileiro de Custos, Vitória, ES, Anais... XXV Congresso Brasileiro de Custos, 2018.

VIEIRA, S. Como elaborar questionários. São Paulo: Atlas, 2009.

VICINI, L.; SOUZA, A. M. Análise multivariada da teoria à prática. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005.

Descrição dendrométrica de povoamento de araucária no instituto federal do sudeste de Minas Gerais

Autores:

Ralf de Jesus Silva

Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena, Barbacena - MG

Carlos Henrique Milagres Ribeiro

Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras

Roni Peterson Carlos

Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena, Barbacena - MG

Thatyelle Cristina Bonifácio

Engenheira Agrônoma, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena, Barbacena - MG

DOI: 10.58203/Licuri.20105

Como citar este capítulo:

SILVA,, Ralf de Jesus et al. Descrição dendrométrica de povoamento de araucária no instituto federal do sudeste de Minas Gerais. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 64-72.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

A araucária (*Araucaria angustifolia* Bert), é uma espécie com grande versatilidade tanto para produção de madeira, quanto alimentação (pinhão), atualmente se encontra na lista de espécies ameaçadas em extinção, sendo necessários estudos que efetivem métodos conservação, e estudos com suas características dendrométricas, podendo assim auxiliar no monitoramento e tomada de decisão para práticas conservacionistas. O objetivo desta pesquisa foi realizar a avaliação da dendrometria do volume cilíndrico, volume hipotético das árvores individualmente e o total do povoamento de Araucária presente no Núcleo de Agricultura (NA) do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena. Foram utilizados 85 indivíduos plantados no ano de 1985, apresentando na data de coleta de dados 34 anos. Para sua determinação fez-se necessário a medição de características das árvores, como altura total e diâmetro do tronco a 1,30 metros do solo, com o uso de suta e clinômetro. Não sendo necessário para determinação deste volume, se realizar a derrubada das árvores e seu devido processo de cubagem. A altura total média obtida foi 13,02 metros, o DAP com casca médio obtido foi 28,42 cm e o volume cilíndrico médio por árvore obtido foi 0,96 m³ e volume cilíndrico total do povoamento obtido foi 82,43 m³. Com posterior uso de fator de forma de 0,60 adequado para a idade do povoamento se deu que o volume médio real de madeira foi de 0,58 m³ e o volume real total do povoamento foi de 49,45 m³ de madeira.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia* Bert. Manejo florestal. Crescimento em altura.

INTRODUÇÃO

Por se tratar de uma espécie que consta na lista das ameaçadas de extinção da flora brasileira (MONTAGNA et al., 2012; GONÇALVES et al., 2021), atualmente, o manejo das populações naturais da *Araucária angustifolia* Bert é um tema delicado, já que a principal fonte de madeira de *A. angustifolia* disponível no mercado provém de plantações (FIGUEIREDO FILHO et al., 2015; VIVIAN et al., 2020).

Porém, a araucária se encontra entre uma das espécies nativas mais plantadas em nosso país, com área plantada de 11.343 hectares (ABRAF, 2013). Investir no plantio comercial em larga escala é fundamental para viabilizar a enorme importância econômica, ambiental e cultural da *Araucária angustifolia*. Com essa prática, será possível reduzir a pressão sobre os remanescentes florestais nativos e promover a utilização racional desse valioso recurso madeireiro do Brasil. (DE ALMEIDA et al., 2022).

Com o objetivo de melhorar a viabilidade do manejo de plantações de Araucária, é essencial gerar conhecimentos e tecnologias aplicáveis que sejam simples, robustas e confiáveis para a quantificação do volume por meio de inventários florestais (ZANCHETTI, 2020).

O volume é, geralmente, a principal variável a ser estimada de um inventário florestal. Contudo, a sua determinação via forma direta é onerosa, já que requer a realização de cubagem rigorosa por métodos destrutivos ou requerem procedimentos que demandam recursos e amplo espaço de tempo (DIAS et al., 2017). A determinação direta do volume é considerada viável apenas em circunstâncias especiais, como em povoamentos florestais em área reduzida (SANQUETTA et al., 2016).

Portanto, os métodos indiretos de estimativa do volume são necessários e utilizados na elaboração dos inventários florestais (BATISTA, 2016). As equações de volumes são tidas como entre umas das opções mais cômodas para este fim, pois com o avanço da utilização de informática e os conhecimentos das metodologias estatísticas pelo setor florestal, o uso de programas computadorizados para realização destas estimativas se tornaram atualmente correntes (SANQUETTA et al., 2016). Ademais, as equações de mensuração de volume são robustas e fáceis de se aplicar.

Embora as equações volumétricas sejam amplamente utilizadas para estimativas madeiras, ainda é comum o uso do fator de forma como medida simplificada. Esse

procedimento pressupõe que o volume de uma árvore pode ser calculado a partir da fórmula geométrica do cilindro reduzida pela sua conicidade, expressa por um fator redutor constante (DE LOYOLA EISFELD et al., 2008). O fator de forma pode ser considerado como uma opção metodológica em situações em que não há equações ajustadas disponíveis ou quando se deseja agilizar os cálculos do inventário. Ele pode fornecer estimativas confiáveis, desde que haja controle de tipologia florestal, espécie e classe diamétrica (FIGUEIREDO et al., 2009).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo, realizar a avaliação da dendrometria do volume cilíndrico, volume hipotético das árvores individualmente e o total do povoamento de Araucária presente no Núcleo de Agricultura (NA) do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena, desse modo destacando o valor de estudos com espécies nativas de nossa nação, assim agindo para incentivar a conservação.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Barbacena, no estado de Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, apresentando as seguintes coordenadas geográficas 21° 22' 64'' S, 43° 77' 42'' W, altitude de 1173 m. O clima, segundo a classificação Koeppen, é do tipo Cwb, ou seja, tropical de altitude, com inverno seco e inverno ameno, apresentando uma temperatura média no período de primavera/verão de 16,9°C a 19,9°C e no outono/inverno de 14,4°C a 17,5°C, e precipitação média sendo de 1143,6 mm no período de primavera/verão e no outono/inverno de 206,5 mm (EMBRAPA, 2006a; NAIME et al., 2006).

O povoamento de araucária utilizado neste estudo, se encontra em área pertencente ao Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - *Campus* Barbacena, mais especificamente situado no seu núcleo de agricultura. Sendo a coleta dos dados realizada no dia 24 de outubro de 2019.

Os dados utilizados para o estudo advêm de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze, com plantio realizado no ano de 1985, atualmente com 34 anos, com espaçamento de 3 x 3 metros. Para estudo, foram coletados dados referentes a 85 indivíduos que compõem o povoamento florestal, foi constatada em uma região de classificação Cambissolo Háplico Tb Distrófico, onde tal tipo de solo é conhecido por

possuir características comuns a presença de argila e atividade baixa e baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Tais solos apresentam capacidade de manter boa produtividade durante longos períodos, com pequena exigência de fertilizantes para manter o seu estado nutricional (EMPRAPA, 2006b).

Após a identificação da população, realizaram-se as seguintes medições:

Medição do DAP (Diâmetro a Altura do Peito): Estas medições foram feitas a 1,30 metros do solo, como instrumento para se medir o DAP com casca foi utilizado a suta, sendo realizado a coleta dos dados de todos os indivíduos do povoamento florestal. O resultado dessa medição determinou a classe diamétrica que a árvore pertence.

Medição da Altura Total: Para este estudo se fez o uso do clinômetro como instrumento de medição das alturas totais das árvores. Sendo estabelecido distância horizontal para medição das alturas em 10 metros em relação a cada indivíduo do povoamento para obtenção de melhor ângulo de visualização.

Cálculo do Volume Cilíndrico: O volume cilíndrico com casca para cada árvore foi obtido utilizando a fórmula:

$$VC = \frac{\pi}{4} \cdot DAP^2 \cdot H$$

Em que: VC = volume cilíndrico da árvore individual com casca, em m³; DAP = diâmetro à altura do peito, em metros; H = altura total, em metros.

O volume cilíndrico total do povoamento foi obtido pela somatória dos volumes individuais.

Após a coleta e tabulação dos dados, com auxílio do software Office Excel versão 2016, foram realizados os cálculos para todos os parâmetros avaliados Frequência Absoluta (FA) e Frequência Relativa (FR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise do parâmetro DAP, observou-se que o valor médio calculado para as 85 árvores foi de 28,42 cm, com variação de 8,6 a 52,4 cm (Tabela 1). Percebeu-se que

a classe diamétrica de DAP que apresentou maior número de indivíduos pertencentes a ela foi a que abrange a faixa de variação de 20,0 a 29,9 cm. Estando na expectativa apresentada para a idade de plantio dos indivíduos, encontrado por (FERRI, 2019).

Tabela 1. Frequência de árvores por classe diamétrica do DAP com casca, altura total e volume cilíndrico em povoamento de *Araucaria angustifolia* no Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Barbacena.

Classe de diâmetro DAP _{cc} (cm)	Frequência absoluta	Frequência Relativa
≤ 9,9	3	3,52%
10,0 - 19,9	19	22,35%
20,0 - 29,9	30	35,29%
30,0 - 39,9	18	21,18%
40,0 - 49,9	14	16,48%
≥ 50,0	1	1,18%
Total		85
CV (%)		38%
Classe de altura total H (m)	Frequência absoluta	Frequência Relativa
≤ 4,9	1	1,18%
5,0 - 9,9	7	8,23%
10,0 - 14,9	58	68,24%
≥ 15,0	19	22,35%
≤ 4,9	1	1,18%
5,0 - 9,9	7	8,23%
Total		85
CV (%)		19
Classe de altura total H (m)	Frequência absoluta	Frequência Relativa
≤ 0,99	58	68,24%
1,0 - 1,99	17	20%
2,0 - 2,99	9	10,58%
≥ 3,0	1	1,18%
Total		85
CV (%)		79

Legenda: DAP_{cc} = diâmetro à altura do peito com casca.

Em distribuição normal típica de florestas plantadas, Zanon (2007), também constatou em estudo que poucos indivíduos foram encontrados nas maiores e menores classes diamétricas.

A altura total média calculada para as 85 árvores amostradas foi 13,02 metros (Tabela 1), com variação de 4,7 a 19,2 metros. Percebe-se que a classe de altura total que apresenta maior número de indivíduos dentro de seu espectro de variação foi a que abrange a faixa de variação de 10,0 a 14,9 metros.

Ferri (2019), também observou que indivíduos de araucária na faixa de idade de 20 a 30 anos possuíam de 13 a 17 metros de altura e indivíduos entre 40 a 50 anos possuíam em média altura de 22 metros.

Terborgh et al. (1997), observaram que árvores de uma mesma idade podem possuir diferentes tamanhos, com isso, indivíduos de uma dada idade e tamanho podem estar exibindo processo de crescimento em variadas taxas, refletindo negativamente na estimativa de crescimento e do tempo de vida.

Husch et al. (1982), relataram que a interação de diversos fatores sobre a planta expressa a qualidade do sítio aonde ela se localiza, ou seja, se o crescimento é bom, significa que o sítio é considerado bom e vice-versa.

Através do cálculo do volume do cilíndrico (Tabela 1), observou-se que o volume cilíndrico médio geral para todas as 85 árvores foi de 0,96 m³. Apresentando volume cilíndrico mínimo de 0,02 m³ e máximo de 3,33 m³. Essa diferença entre os valores do volume por árvore pode ser explicada devido às diferenças da área de plantio seminal onde os indivíduos do povoamento estão inseridos.

Observou-se que o volume cilíndrico total resultante da soma de todos os 85 indivíduos do povoamento foram de 82,43 m³. Segundo MARTINS (2016), indivíduos de araucária apresentam, aos 35 anos, fator de forma artificial de 0,60. Este fator é a razão entre o volume cubado da árvore com o seu volume cilíndrico. Com isso, adotando como base esse valor de fator de forma, temos como volume real de madeira presente no povoamento a quantidade de 49,45 m³.

Santos (2006), estudando o crescimento de um plantio de araucária aos 35 anos, encontrou um volume médio por árvore de 0,51 m³. Utilizando o volume médio cilíndrico por árvore encontrado neste estudo 0,96 m³ e adotando sobre ele um fator de forma de 0,60, temos que o volume médio real por árvore encontrado no povoamento deste estudo é de 0,58 m³. Apresentando assim, comparativamente na faixa de mesma idade, um resultado superior ao encontrado em estudo realizado na região sul do país, aonde o plantio e desenvolvimento da araucária é mais difundido.

CONCLUSÕES

O plantio de araucária em Barbacena mostrou ótimo crescimento e aptidão, com altura e diâmetro médios de 13,02 m e 28,42 cm, respectivamente. Outras variáveis, relacionadas ao volume do cilindro reportaram tendência similares a outros estudos anteriores com essa mesma espécie. O volume médio real de madeira foi de 0,58 m³ e o volume real total do povoamento foi de 49,45 m³ de madeira.

REFERÊNCIAS

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília; ABRAF, 2013. 146 p.
- BATISTA, JOÃO LUÍS F.; DO COUTO, Hilton Thadeu Z.; DA SILVA FILHO, Demóstenes F. Quantificação de recursos florestais. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- DE ALMEIDA, E. W.; AVILA, B. P.; HENZEL, A. B. D.; GUARINO, E. Avaliação do conhecimento e das percepções da população a partir de similaridade de grupos em relação ao consumo do pinhão, sistema produtivo e conservação da araucária. Cadernos de Agroecologia, v. 17, n. 3, p. 01-05, 2022.
- DE LOYOLA EISFELD, R.; VIGOLO, D. Z.; SANQUETTA, C. R.; MELLO, A. A. Modelo de Hradetzky aplicado à estimativa do volume total para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze The Hradetzky´s model applied to estimate total volume of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Ambiência*, v. 4, n. 1, p. 51-66, 2008.
- DIAS, D. C.; COLODETTE, J. L.; THIERSCH, C. R.; LEITE, H. G.; GOMIDE, J. L. Uso da técnica de resistografia e de variáveis dendrométricas na modelagem da densidade básica de povoamentos clonais de *Eucalyptus*. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 609-619, 2017.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA. Avaliação da aptidão agrícola das terras da Zona das Vertentes-MG. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 91, n.1, p. 1-59, 2006a.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 1. ed. Brasília: ver. E amp 2006b.
- FERRI, Gil Karlos. *Araucaria Angustifolia: Botânica, Evolução e Dispersão da Espécie sob o Viés da História Ambiental Global*, EcoDebate, 2019.

FIGUEIREDO FILHO, A, RETSLAFF, F. A. D. S.; KOHLER, S. V.; BECKER, M.; BRANDES, D. Efeito da idade no afilamento e sortimento em povoamentos de Araucaria angustifolia. *Floresta e Ambiente*, v. 22, p. 50-59, 2015.

FIGUEIREDO, E. O.; SCHROEDER, R.; PAPA, D. de A. Fatores de forma para 20 espécies florestais comerciais da Amazônia. 1.ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009.

GONÇALVES, P; IMIG, Daniela Cristina. Educação Ambiental Nas Escolas: Concientização Sobre Importância Da Proteção Da Espécie Araucaria Angustifolia (Bertol) Otto Kuntze. [L&P]-Licenciaturas & Pesquisa UNIANDRADE, v. 1, n. 2, p. 234-244, 2021.

Google Earth Pro [Goo09]. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2009.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. . John Wiley and Sons, New York, 402 p. *Forest Mensuration*, 1982.

MARTINS, ANA PAULA MARQUES, Evolução da forma do tronco e do sortimento em plantios de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze na região centro-sul do Paraná / Ana Paula Marques Martins. - Curitiba, 2016.

MONTAGNA, T.; FERREIRA, D. K.; STEINER, F. F.; FERNANDES, C. D.; BITTENCOURT, R.; DA SILVA, J. Z. A importância das unidades de conservação na manutenção da diversidade genética de araucária (*Araucaria angustifolia*) no Estado de Santa Catarina. *Biodiversidade Brasileira-BioBrasil*, v. 2, n. 2, p. 18-25, 2012.

NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; FILHO, A. C.; BARUQUI, A. M. Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Zona Campos das Vertentes-MG. 1.ed. Rio de Janeiro. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 58 p.

SANQUETTA, C. R.; DOLCI, M.; CORTE, A. P.; SANQUETTA, M.; PELISSARI, A. Estimação de volumes de Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Kuntze por fatores de forma em classes diamétricas e modelos de regressão. *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 23, p. 588-597, 2016.

SANTOS, Wagner Corrêa. Análise de características dendrométricas e fatores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze [dissertação]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/13947/wagner%20correa%20santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TERBORGH, J.; FLORES, C.; MUELLER, P.; DAVENPORT, L. Estimating the ages of successional stands of tropical trees from growth increments. *Journal of Tropical Ecology* , v. 13, n. 6, p. 833-856, 1997.

VIVIAN, M.; GROSSKOPF, É, J.; NUNES, G. C.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de Araucaria

angustifolia, Eucalyptus viminalis e Pinus taeda. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2020.

ZANCHETTI, Flavio. Impacto do manejo florestal na conservação das florestas e de espécies da flora ameaçadas de extinção no estado de Santa Catarina. [dissertação-Mestrado Profissional]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/216318/PPCA0048-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.

ZANON, Magda Lea Bolzan. Crescimento da Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia. [tese de doutorado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/ppgef/images/Teses2007/Magda-Lea-Bolzan-Zanon.pdf>

O cultivo do algodão de ponta a ponta: manejo fitotécnico, nutricional e fisiológico

Autores:

Anderson dos Santos Dias

Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS

Cleberton Correia Santos

Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS

DOI: 10.58203/Licuri.20106

Como citar este capítulo:

DIAS, Anderson dos Santos; SANTOS, Cleberton Correia. O cultivo do algodão de ponta a ponta: manejo fitotécnico, nutricional e fisiológico. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). *Estudos em Ciências Florestais e Agrárias*. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 73-100.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das culturas de maior interesse econômico no Mercado Internacional de commodities. No entanto, ainda é necessário o detalhamento dos manejos adotados para a cultura. Objetivou-se descrever as principais características do algodoeiro e o posicionamento fisiológico e nutricional para a cultura visando obtenção maiores produtividades de maneira sustentável. O estudo se tratou de revisão de literatura de maneira descritiva. O algodoeiro é uma planta com elevada complexidade morfológica e fisiológica, alta plasticidade fenotípica. As fases fenológicas do algodoeiro são divididas em vegetativa, formação de botões florais, abertura de flor e abertura do capulho. É indicado realizar o tratamento de sementes de modo a evitar problemas fitossanitários, especialmente na fase inicial. Considerando que o algodoeiro não é eficiente no uso dos nutrientes, é importante analisar a absorção e exportação de nutrientes à medida que se aumenta a produtividade há redução na proporção exportada. Por se tratar de uma planta de crescimento indeterminado, diversos são os processos fisiológicos que agem sobre a planta. Assim, o uso de desfolhantes e maturadores é uma prática importante visando a obtenção de campos de produção uniformes e altamente produtivos. O manejo de reguladores é baseado em critérios de altura das plantas e o ciclo de cada cultivar, além do produto e suas respectivas doses recomendadas. A sua aplicação de desfolhantes contribui positivamente na velocidade, uniformidade dos capulhos e qualidade das fibras. As informações descritas nesse trabalho poderão subsidiar tomadas de decisão na implantação e manejo.

Palavras-chave: Capulhos. Desfolhantes. Reguladores de crescimento. Nutrição mineral. Fibras.

INTRODUÇÃO

O algodoeiro/algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é a cultura de maior importância no Mercado Internacional de *commodities*. Além disso, a extração resulta na colheita da maior fibra têxtil do mundo, razão pela qual a faz ser considerada uma das plantas de maior aproveitamento, figurando uma das dez maiores culturas de produção agrícola do agronegócio brasileiro. No Brasil, de acordo com CONAB (2022) as áreas de maior expressão cultivadas com algodão estão situadas nos Estados da Bahia, Mato Grosso e Goiás. Foi reportado, ainda que, a cadeia do algodão constitui-se em uma das principais atividades deste país, representando em torno de 16% da economia nacional.

Atualmente, a produção do Brasil está em torno de 6.275,6 mil toneladas de caroço de algodão. Durante a safra 2022/23, cerca de 1.638,0 mil ha foram destinadas ao cultivo do algodoeiro, apresentando produtividade média de 1.815 kg ha⁻¹ (CONAB). Considerando-se uma cultivar com 25% de óleo na semente, caso esta produção toda fosse transformada em óleo, seriam produzidos 1.568.900.000 litros de óleo (CARVALHO et al., 2010), denotando valores expressivos, sobretudo para atender a demanda por matéria prima para a produção de biodiesel.

A cadeia do algodão vem ganhando cada vez mais destaque no agronegócio brasileiro. No ano de 2019, o Brasil registrou uma produção de aproximadamente 6,9 milhões de toneladas de pluma da cultura. Isso colocou o país como o quarto maior produtor mundial, ficando atrás de China, Índia e Estados Unidos. As exportações de algodão em pluma geraram divisas externas, em 2019, de R\$ 10,6 bilhões (FAOSTAT, 2021). O produto interno bruto (PIB) do agronegócio da cadeia do algodão, calculado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), foi R\$ 16,1 bilhões em 2017 (CEPEA, 2020). Esse é um cenário sinalizado pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) como promissor já que, além de o Brasil estar entre os principais produtores, é também um dos maiores consumidores desse produto.

De acordo com a CONAB (2022) em agosto de 2022, as exportações de algodão foram na ordem de 62,79 mil toneladas, conforme informações do Ministério da Economia. Este valor é 18,3% maior que o mesmo período do ano anterior. O preço médio da tonelada exportada foi de R\$ 1.977,3, o que é 13,5% acima do valor de agosto de 2021. Ao passo, em novembro de 2022, de acordo com dados do Ministério da Economia, foram exportadas

268,5 mil toneladas, ao preço médio de US\$ 1.958,6 a tonelada. Comparado aos meses anteriores, o preço médio da tonelada é 6,5% menor, mas ao compararmos com o mesmo período do ano anterior é 12,3% maior. Em termos de volume, o crescimento em relação a novembro de 2021 foi de 61,5%. Até novembro de 2022 foram exportadas 1.627,9 mil toneladas, sendo a previsão de exportação total para o ano de 2022 de 1.902 mil toneladas. Para 2023 espera-se que sejam exportadas 1.978 mil toneladas, podendo até mesmo superar as 2.000 mil toneladas, caso haja uma melhora no cenário econômico mundial.

Segundo a CONAB (2022), a demanda mundial por algodão foi abalada pela guerra na Europa, inflação global e a desaceleração econômica. Nos últimos meses a retração na demanda se acentuou, principalmente na China, o maior comprador de algodão brasileiro, devido às restrições de circulação para combate à Covid-19. Assim, este levantamento aponta que muitos produtores têm a intenção de ampliar as áreas destinadas para esta cultura. Mesmo diante desse cenário, o mercado está otimista quanto à evolução do consumo interno para a safra 2022/23, a qual se espera que atinja 720 mil toneladas. Assim, espera-se que haja um crescimento de 20,6% no estoque final dessa safra, comparada à safra 2021/22, resultando em um estoque final de 1,6 milhão de toneladas (CONAB, 2022).

Objetivou-se descrever as principais características do algodoeiro e o posicionamento fisiológico e nutricional para a cultura visando obtenção maiores produtividades de maneira sustentável.

ASPECTOS BOTÂNICOS

O algodoeiro é uma planta com elevada complexidade morfológica e fisiológica, alta plasticidade fenotípica, apresentando crescimento alométrico quase que perfeito entre a parte aérea e subterrânea. Por classificação sistemática, o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) é descrito na seguinte classificação: divisão Embriophita sifanogamae, subdivisão Fanerogamae ou espermatophita, Filo Angiospermae, Classe Dicotiledoneae, Subclasse Archichlamidae, Ordem Malvales, Família Malvaceae, Tribo Hibisceae, Gênero *Gossypium*, Espécie *G. hirsutum*, Raça *G. hirsutum latifolium* (Algodão Brasileiro, 2008).

Por orientação, o ciclo das variedades de algodoeiro anual pode ser classificado em: precoce (cerca de 130 dias), ciclo médio (140-170 dias) e tardio (acima de 170 dias) (Fuzatto, 1999). Sendo que, a depender das condições edafoclimáticas, é transcorrido um período de 50 a 85 dias, a partir da semeadura até a formação dos primeiros botões florais. A mais, 25 a 30 dias para a formação das flores e 50 a 60 dias para abertura e maturação das ‘maças’ (termo utilizado para designar os frutos do algodoeiro) (Doorenbos e Kassam, 2000).

Para determinação da escala de desenvolvimento do algodoeiro, o Instituto Agrônomo do Paraná publicou em 2003 um compêndio para trazer informações com o objetivo de padronizar a escala fenológica do algodão, ao qual foi amplamente difundido e aceito na comunidade técnico-científica como forma de padronização na identificação de estágios de desenvolvimento das lavouras de algodoeiro. Por assim, na proposta atual, o estágio de crescimento e desenvolvimento são caracterizados, basicamente, em função de suas fases fenológicas, dentre elas: vegetativa (v), formação de botões florais (b), abertura de flor (F) e abertura do capulho (c) conforme proposta de Mansur e Ruano (2001).

Dessa forma, no período vegetativo, situado desde a emergência das plântulas até a emissão da primeira folha verdadeira, considera-se como estágio V_0 . A partir do limite anterior e até que a segunda folha verdadeira tenha a sua nervura principal com comprimento de 2,5 centímetros, o estágio será V_1 . Sucessivamente, aplicando o mesmo critério, a planta avançará para os estádios V_2 , V_3 , V_4 , V_5 etc. Durante a fase reprodutiva, o estágio passa a ser B_1 , iniciado a partir da emissão do primeiro botão floral visível e assim, sucessivamente, à medida da emissão de um novo botão floral em um novo ramo frutífero. Em seguida, a indicação “ B_n ” é substituída pelo termo F_1 , dado a abertura da flor, proveniente do primeiro botão floral e assim sucessivamente (F_n). Por fim, dado a emissão do primeiro capulho, o estágio de desenvolvimento passará a ser C_1 e sucessivamente (C_n).

IMPLANTAÇÃO DA CULTURA: PLANEJAMENTO, OPERAÇÕES E SISTEMA DE CULTIVO

A atividade agrícola é considerada um dos investimentos com maiores níveis de risco e a produção final depende do uso de insumos e processos com características incertas,

principalmente relacionadas às condições climáticas e de preços (Barros et al., 2019). Além disso, a atividade demanda um longo período de produção, o que requer um período significativo entre as decisões e os resultados (Olson, 2010; Kay et al., 2014;). Por exemplo, os produtores são normalmente afetados pelas incertezas do mercado durante o processo de tomada de decisão, como compras de insumos e preços de comercialização. Além disso, a globalização expôs ainda mais o agronegócio ao complexo mercado internacional e aos riscos políticos, obrigando os produtores a elaborar estratégias de negócios ainda mais sofisticadas (Kay et al., 2014).

Não diferente desses fatos, os cotonicultores deverão, previamente ao cultivo, elaborar, junto a consultoria técnica, um planejamento agrícola ao qual deverão ser listadas os processos a compor o sistema de produção do algodoeiro. Tal planejamento irá abordar desde a seleção de áreas com elevado potencial produtivo a cultivares a serem utilizadas e aos insumos de uso previsto durante a safra. Ainda na análise, deverá ser considerada a textura do solo, optando por solos de textura média a argilosa em razão, principalmente, da elevada sensibilidade do algodão a solos compactados, mal drenados e com baixa oxigenação (Bennet et al., 2015; Jamali et al., 2021; Otto et al., 2023).

Uma vez iniciada a limpeza da área a ser destinada ao cultivo, alguns fatores devem ser levados em consideração: o primeiro diz respeito ao histórico da área (cultura anterior e tempo de cultivo), já o segundo diz respeito a obrigatoriedade em respeitar as normas sanitárias impostas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no tocante ao Vazio Sanitário.

O Vazio Sanitário do algodão é uma das práticas de controle fitossanitário para a principal praga da cultura, bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boh). Dessa forma, o princípio de controle reflete na restrição a fonte de alimento para o inseto de forma coordenada em todo o país.

Dessa forma, para respeitar o período, uma etapa importante a ser realizada corresponde a destruição das soqueiras do algodoeiro, processo ao qual poderão ser realizadas práticas físicas com utilização de herbicidas. Tal processo, tem início com a utilização do arado ou gradagem em toda a área de cultivo. Posteriormente, é necessário a verificação da rebrota, ao qual deverá ser eliminada através do controle químico. Apresenta-se abaixo (Tabela 1), uma sugestão de técnicas para controle da soqueira, com índices de sucesso próximo a 100%, apresentado pela Associação Piauiense dos Produtores de Algodão (APIPA, 2020).

Tabela 1. Recomendações para a destruição dos restos culturais do algodão.

Identificação ²	Técnica
Combinação 1	Roçadeira ou triturador de restos culturais + aplicação de herbicida sistêmico em sequência ou após a rebrota das soqueiras ¹ ;
Combinação 2	Triturador de restos culturais + subsolador + grade. Após alguns dias, é necessário avaliar a brotação;
Combinação 3	Correntão “pique a repique” + herbicida sistêmico em sequência imediata;
Combinação 4	Triturador de restos culturais + arrancador de soqueira + grade intermediária + avaliação da necessidade de utilização de herbicida ¹

¹cabe ressaltar que a aplicação de herbicidas somente será válida após as primeiras chuvas; ²após o uso das técnicas citadas é necessário o correto monitoramento periódico da área, visando identificar focos de rebrota que poderão servir de alojamento ao inseto alvo, reduzindo por assim, a efetividade do Vazio Sanitário. Fonte: APIPA (2020)

Ao encerrar o Vazio Sanitário, a atividade agrícola seguinte refere-se ao preparo do solo objetivando a eliminação de restos culturais, reduzir a compactação das camadas subsuperficiais, incorporar herbicidas (Pré emergentes) e corretivos. Além de nivelar o terreno, possibilitando a germinação e emergência das sementes. Dessa forma, o preparo do solo deve ser feito com subsolador ou escarificador, em certos casos onde há necessidade de incorporação de insumos (calcário, gesso ou semelhantes) no solo, o uso de grade de disco pode ser recomendado.

Com relação a época de entrada com o maquinário nos talhões, recomenda-se o primeiro preparo a ser realizado ao final do período de chuvas, anterior ao plantio, de modo a condicionar um ambiente favorável para a decomposição do material orgânico, ora incorporado no solo. Principalmente em áreas de primeiro ano, é importante respeitar a capacidade de carga e pressão imposta sob o solo evitando, assim, entradas excessivas na área com o maquinário. De forma prática, o primeiro preparo do solo poderá ser realizado até 20 cm de profundidade, seguido por 15 e 25 cm nas etapas subsequentes, evitando a formação do “pé de grade”. Além disso, cabe salientar que, todas as operações deverão ser realizadas em curva de nível.

Ao passo do primeiro preparo do solo, uma amostragem deverá ser realizada com objetivo de reunir o máximo de informações a respeito das características físicas e químicas do solo. Existem na literatura diversas metodologias de amostragem de solo seja: faixas, manchas, grid ou aleatório no qual a escolha dependerá da estrutura e capacitação dos profissionais envolvidos na coleta. Outro parâmetro diz a respeito da definição da

densidade de amostral e a profundidade de trabalho. No usual, a densidade amostral está influenciada diretamente com a qualidade do resultado final onde, um maior número de amostras por hectare resultará em maior proximidade com as condições de campo, facilitando a tomada de decisão acerca das adubações. Ainda, com relação a profundidade de trabalho, geralmente, o padrão resulta entre 0 a 20 e 20 a 40 cm. Entretanto, particularidade diz respeito sobre os níveis de enxofre no solo (ao qual poderá definir a necessidade de gessagem) sendo necessária uma nova profundidade de trabalho, portanto, 40 a 60 cm. Uma vez coletado os materiais e devidamente condicionados em embalagens previamente identificadas, o material final será encaminhado para um laboratório com certificação para análise físico-química do solo (Zancanaro et al., 2022).

Com relação a escolha das variedades, o potencial produtivo, geralmente, é a principal característica a ser avaliada por técnicos e produtores, entretanto, diversos são os fatores que irão afetar a produtividade final, seja: disponibilidade água, luz, nutrientes, presença de pragas e ocorrência de doenças. Dessa forma, faz necessário a inclusão de mais de um tipo de variedade pelo produtor a fim de minimizar os riscos. Citando ainda quais os critérios para adoção das variedades nos campos de produção, o comportamento agrônômico (resistência a doenças, tolerância a nematoides, exigência nutricional etc.) e a qualidade da fibra (potencial genético) produzida são outros fatores que influenciam a tomada de decisão (Vilela e Bélot, 2022).

Portanto, recomendações mais específicas a respeito da escolha da variedade não serão abordadas, visto a particularidade de cada campo de produção, no que diz respeito as condições agroclimáticas, onde a tomada de decisão deverá ser realizada por um profissional devidamente credenciado ou uma equipe especializada.

Com relação a época de semeadura, existe uma sazonalidade para cada estado, o qual pode ser ampliada para sub-regiões, por exemplo: na região sul de Mato Grosso, próximo à divisa com a Bolívia, a época de semeadura ideal coincide com a estação chuvosa, entre outubro a meados de março; já ao norte de Mato Grosso do Sul e ao leste de Goiás, o período de semeadura pode ser ampliado de outro para início de abril (Neto et al., 2001). Portanto, a diferente sazonalidade é razão da variação temporal e localizada das chuvas, evitando problemas com déficit hídrico nos primeiros dias de condução da lavoura.

Alinhado a escolha das variedades duas vertentes o produtor deverá ter em mente, a primeira diz a respeito à janela de semeadura além disso, deve ser definido que a semeadura deverá começar por variedades de ciclo mais longo e finalizar com variedades

de ciclo precoce, de modo a obter uma uniformidade de data próximo a colheita das plumas.

Anterior a semeadura, faz-se necessário a adoção do tratamento de sementes de modo a evitar problemas fitossanitários principalmente aqueles relacionados à ocorrência de doenças na fase inicial de desenvolvimento da cultura, conforme Goulart (2008a). Dentre elas, o “damping-off” é considerado uma das principais de acordo com relatos de Davis et al. (1997), Wang & Davis (1997) e Goulart (2001). Nas condições do Brasil, principalmente em se tratando do algodão do cerrado, o principal agente causal do tombamento de plântulas é *Rhizoctonia solani* Kuhn grupo de anastomose (AG)-4 (teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk), pela frequência que ocorre (mais de 95% dos casos) e pelos danos que causa na fase inicial de estabelecimento da lavoura. Este fungo ataca as sementes e plântulas de algodão, causando o tombamento em pré e pós emergência.

Assim, no mercado atual, estão disponíveis cerca de 32 produtos comerciais envolvendo mistura ou isolados de triazóis, estrobilurina, benzimidazol e carboxamidas. Apresenta-se abaixo (Tabela 2) a relação de produtos de alguns produtos com seus ingredientes ativos e a dose recomendada para o tratamento de sementes, de acordo com o MAPA (2023).

Tabela 2. Listagem de produtos recomendados para o tratamento de sementes na cultura do algodão.

Identificação	Princípio ativo	Dose recomendada
Spectro®	Fipronil (pirazol) + Piraclostrobrina (estrobilurina) + Tiofanato-metílico (benzimidazol)	400-500 mL p.c./100 kg de sementes
Standak Top®	Fipronil (pirazol) + Piraclostrobrina estrobilurina) + Tiofanato-metílico (benzimidazol)	400-500 mL p.c./100 kg de sementes
Captive®; Betan®; Cobral®; Pasha®	Captana (dicarboxamida)	150 (g p.c./100 kg de sementes)
Dynasty®	Azoxistrobrina (estrobilurina) + fludioxonil (fenilpirrol) + metalaxil-M (acilalaninato)	200-300 mL p.c./100 kg de sementes
Vitavax Thiram 200 SC®	carboxina (carboxanilida) + tiram (dimetilditiocarbamato)	400-800 mL p.c./100 kg de sementes

Fonte: MAPA (2023).

Após a realização do tratamento de sementes, inicia-se o processo de semeadura, no qual deverão ser definidos quatro parâmetros importantes: arranjo de plantas, espaçamento entre linhas e plantas e densidade populacional. Basicamente, o arranjo de plantas dependerá da população final (nº de plantas x unidade de área), da densidade (número de plantas por metro) e do espaçamento entre fileiras. Avaliando o efeito da população de plantas no crescimento, produtividade e qualidade de fibra, Alves et al. (2017) observaram que a maior produtividade foi obtida em populações de até 73 mil plantas ha⁻¹, em contrapartida, populações de até 125 mil plantas ha⁻¹ apresentaram melhores características relacionadas a qualidade de fibra (resistência à ruptura e índice de fiabilidade). Por outro lado, em condições de segunda safra, o aumento da densidade de plantas, a utilização do espaçamento adensado de 45 cm entre fileiras, não ocasionou aumento na produtividade e qualidade de fibra, conforme observado por Ferreira et al. (2015). Com relação ao espaçamento entre fileiras, existem convenções de padrão a nível mundial: Ultra Narrow Row (UNR) ou ultra estreito - espaçamento de 0,19 m a 0,38 m; Narrow Row (NR) ou adensado - espaçamento de 0,38 m a 0,45 m; Convencional - espaçamento superior a 0,76 m. Entretanto, a reflexão prática é utilizar o mesmo espaçamento gerido na cultura da Soja (*Glycine max* L.) de forma a aproveitar a regulação e os equipamentos utilizados pela grande maioria do mercado consumidor (Lamas et al., 2022)

MANEJO DE MACRONUTRIENTES VISANDO ALTA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE PLUMA

Em razão do material de formação, os solos do Brasil, principalmente do Bioma Cerrado, apresentam fertilidade natural baixa. Tal limitação deve ser manejada de forma a obter produtividades adequadas para as diferentes culturas. Nesse sentido, apesar do algodoeiro não ser tão exigente em nutrientes quando, comparado com outras culturas, é necessário realizar o aporte de fertilizantes de modo a suprir o ciclo vegetal. Dessa forma, será relatado a seguir as práticas de manejo nutricional no momento da implantação da cultura.

Conforme relatado em Comunicado Técnico elaborado pela Embrapa (2014), para realizar os cálculos de demanda nutricional e posterior adubação, é necessário o conhecimento do potencial de extração da cultura, ou seja, o quanto a planta absorve

durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento para a formação dos tecidos vegetais e a produção de algodão.

Dessa forma, Rochester (2007), em trabalho clássico, buscou aferir os valores de absorção e exportação de macro e micronutrientes conforme a expectativa de produção de pluma (kg ha^{-1}). Importante salientar que, o trabalho foi desenvolvido na Austrália, entretanto, sua adaptação pode ser utilizada para a expectativa da produção em território brasileiro. Assim sendo, na tabela 3 estão reunidas as informações a respeito da absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes absorvidos e exportados pelo algodoeiro em razão da produtividade.

Nutriente	Produção de pluma (Kg ha^{-1})								
	1.000	1800	2400	1000	1800	2400			
	Absorção			Exportação					
	Kg ha^{-1}	Kg ha^{-1}	%	Kg ha^{-1}	%	Kg ha^{-1}	%	Kg ha^{-1}	%
Nitrogênio	63	175	290	42	66	91	52	133	46
Fósforo	13	27	41	10	82	19	69	25	60
Potássio	77	167	250	16	21	28	17	38	15
Enxofre	10	39	62	4	42	8	21	11	18
Cálcio	71	94	155	2	3	3	3	3	2
Magnésio	16	36	63	7	45	12	34	16	25
Ferro	0,227	0,820	1,620	0,091	40	0,328	17	0,178	11
Manganês	0,152	0,355	0,655	0,008	5	0,011	3	0,013	2
Boro	0,075	0,320	0,560	0,017	22	0,070	13	0,062	11
Cobre	0,025	0,052	0,081	0,013	51	0,020	38	0,251	31
Zinco	0,058	0,119	0,203	0,057	99	0,087	73	0,123	61

Fonte: Adaptado de Rochester (2007).

Conforme observado na tabela 3, o algodoeiro não é responsivo a eficiência da planta em utilizar os nutrientes. Por assim, ao analisar a absorção e exportação de tais elementos à medida que se aumenta a produtividade há uma redução na proporção exportada. Nesse sentido, Zancanaro e Kappes (2020) elenca que a não completa utilização do aporte de fertilizantes alocados pela planta ocasiona a reciclagem de nutrientes ao solo, conferindo o aspecto do algodoeiro não ter eficiência na utilização de nutrientes, mediante a adubação.

Nitrogênio

Dentre os nutrientes mais extraídos pelo algodoeiro, o nitrogênio merece destaque, principalmente por sua influência durante o ciclo de desenvolvimento da planta e a qualidade da fibra produzida (Khan et al., 2017). Entretanto, segundo o mesmo autor, a adubação nitrogenada excessiva condiciona a planta a desenvolver brotos em demasia, além de aumentar o ciclo vegetativo, por consequência, atrasando o florescimento e a produção, além do não amadurecimento dos tecidos vegetais havendo predisposição ao ataque de pragas e doenças.

Segundo Flis (2019), o período de maior demanda nutricional por nitrogênio convém com o final de ciclo do crescimento do algodoeiro, onde em proporcionalidade, a demanda nutricional pode ser estipulada para 250 a 300 kg de N por ha⁻¹, de acordo com o levantamento elaborado por Ali (2015).

Dentre os fertilizantes mais utilizados no mundo, a ureia encontra-se no pódio (IFA, 2020) em virtude da vantagem econômica e praticidade de aplicação e transporte. Entretanto, é sabido, que as perdas de ureia via volatilização da amônia (>30% do N aplicado) constitui uma barreira a ser enfrentada pelos produtores rurais, seja cotonicultores ou demais. Existem ainda outros fertilizantes nitrogenados, citando como exemplo, o nitrato de amônio, onde o Brasil consome cerca de 22% da produção mundial segundo a FAO (2021). Entretanto, existe outra barreira relacionado ao comércio desse fertilizante, devido ao seu potencial explosivo, ao qual recorre a legislação brasileira regulamentar o seu comércio, transporte e armazenamento (DFPC, 2021).

Dessa forma, pesquisas têm sido feitas com o intuito de aproveitar ao máximo o potencial dos fertilizantes nitrogenados, evitando sua volatilização ou poluição ambiental. Nesse sentido, Carvalho et al. (2011) elabora uma sugestão de doses de fertilizantes nitrogenados com base na expectativa de produtividade a ser alcançada, sendo apresentado na tabela 4.

Portanto, apesar do consenso em dosagem de N estimada por Carvalho et al. (2011), na literatura existem ensaios que buscam otimizar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados com ênfase no resultado da qualidade de fibra e produtividade final. Nesse contexto, Ottoa et al. (2022) investigaram o efeito do uso contínuo da ureia, cálcio amônio nitrato (CAN) em diferentes doses na produtividade, qualidade de fibra e a eficiência agrônômica de uso dos insumos citados em quatro safras.

Tabela 4. Sugestão de doses de nitrogênio para diferentes momentos da cultura do algodoeiro em razão da expectativa de produtividade.

Expectativa de produtividade ⁽²⁾	N na sementeira (kg ha ⁻¹)	N em cobertura (kg ha ⁻¹)
Até 3000	15 a 20	60 a 80
4000	15 a 20	80 a 100
5000 ⁽¹⁾	15 a 20	100 a 120
6000 ⁽¹⁾	15 a 20	120 a 140

(1) Os maiores valores de produtividade correspondem a áreas com maior potencial de resposta a adubação nitrogenada, situação: solos com baixo teor de matéria orgânica; primeiros anos de plantio direto; sistema de rotação onde a cultura anterior seja uma gramínea. Para os menores valores de produtividade é esperado para solos com: rotação de culturas com leguminosas; solos com longo histórico de plantio direto e alto teor de matéria orgânica. (2) Em solos sob processo de correção de fertilidade ou em locais com baixa pluviosidade (<1200 mm) durante os primeiros 160 dias da cultura, é pouco provável que alcance essa expectativa de produtividade. Fonte: Carvalho et al. (2011).

Portanto foi observado que, em solos argilosos a aplicação de N aumentou a produtividade durante os quatros ciclos de estudo. Onde a maior produtividade acumulada (16.000 kg ha⁻¹) foi alcançada com a aplicação de 182 e 194 kg ha⁻¹ de CAN e ureia. Além disso, em solos franco-arenosos, os autores não encontraram diferenças na produtividade do algodoeiro em relação a adição do N, pois foi correlacionado a baixa eficiência de utilização pelas plantas associada as perdas via volatilização da fonte nitrogenado, relacionando ainda com a presença de matéria orgânica nesse tipo de solo, ocorrendo mineralização da mesma e por consequente, disponibilidade as plantas. Com respeito a fibra produzida, a aplicação do nitrogênio ocasionou redução direta na qualidade do material, pois houve estimulação do desenvolvimento dos tecidos vegetais como consequência da aplicação excessiva. Por fim, os autores concluem que é necessário haver um gerenciamento na aplicação de adubos nitrogenados, onde devem ser elencadas as condições específicas de cada campo de produção e ainda, no presente trabalho, a utilização do CAN apresenta pequena vantagem em substituição a ureia, o que sugere que maiores rendimentos podem surgir em maiores períodos de avaliação (superior a quatro safras de estudo).

Fósforo

Dentre os macronutrientes, o fósforo merece destaque por sua participação na constituição dos fosfolipídios integrados a membrana além de ser constituinte dos ácidos

nucleicos. Segundo Wu et al (2005), o nutriente também atua na transferência de energia por meio da fosforilação e desfosforilação de proteínas e atua ainda, como regulador da transdução de sinais. Quando em déficit, a escassez influencia diretamente a expansão foliar, a síntese de pigmentos fotossintetizantes, produção de matéria seca e enzimas metabólicas, o que por consequência, resulta no déficit de produção entre 10 a 15% (Vance et al., 2003).

Dado os problemas com relação ao esgotamento da produção de nutrientes nas minas de extração, além da formação de complexos ligantes de P tornando indisponível às plantas, Shen et al. (2013) relata que é necessário melhorar a eficácia de aquisição do P por meio a mobilização do P residual do solo, bem como aumentar a superfície de absorção das raízes, condicionando um manejo sustentável na aplicação do macronutriente.

Aliado a deficiência natural de fósforo em solos do Cerrado, são necessários aplicações via fertilizantes fosfatados o qual deve ser a última etapa após a análise e correção da acidez do solo, evitando a formação de complexos insolúveis. Portanto, na literatura existente um consenso para determinação da necessidade de adubação fosfatada com base no teor de argila (Tabela 5) e a expectativa de produtividade (Tabela 6).

Tabela 5 Rendimento potencial e interpretação da análise de solo para o P extraído pelo método de Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistema sequeiro com culturas anuais no Cerrado Brasileiro.

Teor de argila (%)	Rendimento potencial da cultura (%)				
	0-40	41-60	61-80	81-90	>90
	Interpretação dos teores de P no solo (mg dm ⁻³)				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
< 16	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	> 25,0
16-35	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
35-60	0 a 3,0	3,1 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
> 60	0 a 2,0	2,1 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	> 6,0

Fonte: Adaptado de Souza e Lobatto (2004).

Analisando a eficiência e a rentabilidade agrônômica no uso integrado de fosforo proveniente de diversas fontes, Ali (2021) estudou a influência das bactérias solubilizadoras de fosfato, esterco de capoeira (EC), esterco de aves (EA) e fontes

inanimadas de P sobre os fatores fisiológicos, crescimento, rendimento e parâmetros de qualidade da cultura do algodão.

Tabela 6. Sugestão de adubação fosfatada de manutenção para o algodoeiro cultivado no Cerrado, em função da expectativa de produtividade e da interpretação da análise do solo. Fonte: Carvalho et al. (2011).

Expectativa de produtividade ⁽¹⁾	Teor de fósforo no solo	
	Adequado	Alto
Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ ⁽²⁾	
Até 3000	60	30
4000	90	45
5000 ⁽¹⁾	110	55
6000 ⁽¹⁾	135	70

(1) Em solos sob processo de correção de fertilidade ou em locais com baixa pluviosidade (<1200 mm) durante os primeiros 160 dias da cultura, é pouco provável que alcance essa expectativa de produtividade; (2) Doses estimadas considerando: extração de 20 a 25 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ para produção de 1000 kg de algodão em caroço.

Por vias instrutivas, foram analisadas as respostas mediante os seguintes tratamentos: duas cepas de bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB), inoculadas via tratamento de sementes: S0= controle; S1= cepa-1; S2 = cepa-2 e oito fontes orgânicas de P inorgânicas P0 = controle, P1 = 80 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica, P2 = 80 kg ha⁻¹ P de EC, P3 = 80 kg ha⁻¹ P de EA, P4 = 40 kg ha⁻¹ P de EC + 40 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica, P5 = 40 kg ha⁻¹ P de EA + 40 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica, P6 = 80 kg ha⁻¹ P de EC + 40 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica, P7 = 80 kg ha⁻¹ P de EA + 40 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica e P8 = 40 kg ha⁻¹ P da EC + 40 kg ha⁻¹ P da EA. Com relação aos resultados obtidos, os tratamentos P4 e S1 resultaram em plantas com maior altura, maior peso de maçãs, índice de área foliar e índice de crescimento (g m⁻² dia⁻¹). Já para a produtividade e qualidade de fibra, o tratamento P7 contribuiu em maior rendimento e comprimento de fibra, além de apresentar uma maior relação custo-benefício para aplicação em campo. Por fim os autores concluem que, diversos são as possibilidades em meio a busca por fertilizantes alternativos de modo a suprir a necessidade de fósforo pela cultura do algodoeiro, no qual a combinação de 80 kg ha⁻¹ P de esterco de aves + 40 kg ha⁻¹ P de fonte inorgânica associada ao tratamento de sementes com cepas solubilizadoras de P, ajuda a dependência de fertilizantes inorgânicos além de promover a sustentabilidade na cadeia produtora do algodoeiro.

Outro contexto, recentemente estudado, em relação a cadeia produtiva do algodão e está, principalmente, relacionado com a nutrição da planta, diz a respeito da eficiência da expressão do gene Cry proveniente da tecnologia Bt (*Bacillus thuringiensis*) contra espécies de lepidópteros. Conforme elencado por Riaz Marral et al. (2020), os insetos dessa ordem ocasionam perdas consideráveis na produtividade do algodoeiro. Além do qual a utilização do algodão Bt tende a diminuir a aplicação excessiva de defensivos agrícolas nos campos de produção. Assim, segundo interligação proposta anteriormente por Zhou et al. (2000) foi estabelecido que a expressão do gene Cry esta correlacionada com o balanço de nutrientes o qual podem melhor a eficiência de atuação da proteína, ou em caso de manejo deficitário, influenciar de forma negativa, havendo escape de atuação da tecnologia.

Dado esse introdutório, Khan et al. (2023) investigou o pressuposto da resposta da toxina Cry mediante a utilização de diferentes três níveis de nitrogênio e três níveis de fertilizantes fosfatados. No qual foram realizadas análises quantitativas gênicas para determinação da expressão da proteína Cry1Ac via análise PCR e ensaio de imunoabsorção enzimática (kit ELISA). Com relação aos resultados obtidos, foi notável as diferentes concentrações da proteína mediante as combinações de aplicação dos fertilizantes nas plantas de algodoeiro. Dentre o qual, a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N + 75 kg ha⁻¹ de P expressou o maior nível de produção da proteína (média= 2,3740 e 2,1732 µg g⁻¹), enquanto que a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N + 25 kg ha⁻¹ de P em 80 e 120 dias após a semeadura, ocasionou a menor média produtiva da toxina, representando média entre 0,9158 a 0,7641 µg g⁻¹. Portanto, os autores concluem que é vital a manutenção do período de vida útil da tecnologia Bt em algodoeiro de forma a evitar o estabelecimento de populações de insetos praga com resistência cruzada. Além do qual, a nutrição das plantas influencia diretamente na quantidade de proteína Cry1Ac produzida. Portanto, fica recomendado a utilização da dose 150 kg ha⁻¹ de N + 75 kg há⁻¹ de modo a manter as características de ação e produção da toxina Bt.

Além disso, cabe salientar que as cultivares do algodoeiro disponíveis no mercado respondem de forma diferente quanto à disponibilidade de P, o qual podem ter produtividade final diferente mediante a doses idênticas de fertilizantes fosfatados conforme visto por Swan (2018) e Iqbal (2020), no qual, diferentes cultivares podem apresentar diversidade genética na utilização e absorção de fosforo, sendo necessário conhecer a resposta e o desempenho da cultivar mediante a aplicação de adubos fosfatos

antes da referida aplicação, evitando assim, desperdícios de insumos e aumento no custo de produção.

Potássio

Classificado como macronutriente, em companhia do nitrogênio e fosforo, o potássio também é um elemento essencial para o desenvolvimento vegetal. Segundo Wang e Wu (2017) o nutriente atua em processos fisiológicos e metabólicos vitais para o crescimento das plantas, dentre eles: síntese de proteínas, fotossíntese, ativação enzimática, transporte de metabólitos, neutralização de aniônica e regulação osmótica. Por esse motivo, realizar o fornecimento do nutriente é vital para a produtividade do algodoeiro.

Conforme elaborado por Zancanaro e Kappes (2020), o potássio é o segundo macronutriente absorvido em maior quantidade pelo algodoeiro, entretanto, grande parte da porção absorvida é utilizada em processos metabólicos, no qual, apenas uma pequena fração é exportada (Tabela 3). Além disso, as reservas do nutriente em solos intemperizados, típicos da região do Cerrado brasileiro, é baixa, o que explica a necessidade de intervenção por meio de adubações.

Entretanto, cabe salientar que assim como os demais nutrientes, a quantificação da dosagem a ser aplicada irá depender, diretamente, dos resultados obtidos na análise do solo. Portanto, Vilela et al. (2004) elabora formas de interpretação do resultado da análise de solo para quantificar a concentração de K disponível (Tabela 7). No mais, Carvalho et al. (2011) apresenta algumas sugestões de doses de fertilizantes potássicos (Tabela 8) com base no resultado obtido da análise de solo.

Tabela 7. Interpretação da análise de solo para o potássio no Cerrado brasileiro, de acordo com a CTC, visando a recomendação de adubação das culturas anuais.

CTC a pH 7,0 ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado/Bom
	Teor de K no solo (mg dm^{-3}) - Extrator Mehlich ⁻¹			
< 4,0	< 16	16 a 30	31 a 40	> 40
> 4,0	< 26	16 a 50	51 a 80	> 80

Fonte: Vilela et al. (2004).

Tabela 8. Sugestão de adubação potássica do algodoeiro cultivado no Cerrado, em função do teor de disponibilidade e da produtividade esperada.

Produtividade esperada (Kg ha ⁻¹) (1)	Teor de K no solo (mg dm ⁻³) na camada 0-20 cm				
	< 25 ⁽²⁾	26 - 50 ⁽²⁾	51 - 80	81 - 120	> 120 ⁽³⁾
	Kg ha ⁻¹ de K ₂ O ⁽²⁾				
Até 3000	130	100	80	60	30
4000	150 a 170	120 a 140	100 a 120	80	40
5000	170 a 190	140 a 160	120 a 140	100	50
6000	190 a 210	160 a 180	140 a 160	120	60

(1) Em solos sob processo de correção de fertilidade ou em locais com baixa pluviosidade (<1200 mm) durante os primeiros 160 dias da cultura, é pouco provável que alcance essa expectativa de produtividade; (2) Em função dos baixos valores de K no solo, tais doses estão associadas a adubação corretiva + adubação de manutenção; (3) Alta concentração de potássio nesse tipo de solo, dessa forma, a adubação pode ser reduzida ou até suprimida por uma safra. Fonte: Carvalho et al. (2011).

Conforme pressupõe a literatura com relação a atuação do potássio na regulação osmótica, Ju et al. (2021) estudaram o efeito da aplicação de potássio como forma de mitigar os sintomas negativos do estresse salino na produtividade do algodoeiro. No referido ensaio, três condições de salinidade foram estudadas: CE= EC = 1,68-1,78, 6,21-6,42 e 10,59-11,08 dS m⁻¹ mediante a aplicação de três doses de fertilizantes potássicos: 0, 150, 300 kg K₂O ha⁻¹. Dessa forma, os autores observaram que, a biomassa do capulho do algodão, número total de capulhos, peso de capulho e rendimento de caroço foram aumentados mediante a aplicação das maiores doses de K. Com particularidade, os tratamentos K150 e K300 kg K₂O ha⁻¹, em comparação com o K0, elevou o número total de capulhos em 17,8 - 17,9 e 28,6 - 28,7%, o peso de capulhos em 4,6 - 5,1% e 6,5 a 8,5% e a produção de caroço de algodão em 23,7-24% e 38,3-40,4%, respectivamente. Com destaque maior para o tratamento K300. Além disso, a aplicação de K melhorou as taxas de fotossíntese líquida, aumentando a condutância estomática, concentração de clorofila *a* e *b* e relação de clorofila. Entretanto, o efeito positivo da aplicação de K nas propriedades fotossintéticas diminuiu com base no aumento dos níveis de salinidade, sugerindo que a aplicação de K pode aliviar o efeito estressante da salinidade e promover a capacidade fotossintética apenas em condições de estresse salino moderado (CE ≤ 6,42 dS m⁻¹), uma vez que o dano pode ser irreversível sob altas concentrações salinas (CE ≥ 10,59-11,08 dS m⁻¹).

Amostragem foliar para determinação do estado nutricional

Até aqui, foram descritos os procedimentos anteriores ou durante a implantação da lavoura de algodão, uma vez implantado a cultura, deve existir uma equipe para realizar o monitoramento periódico, visando detectar ataque de pragas, doenças e sintomas de déficit nutricional. Outra medida que os cotonicultores tem a disposição, diz respeito a diagnose do estado nutricional das plantas mediante a análise foliar.

Basicamente, a diagnose do estado nutricional consiste numa interpretação dos resultados da análise química de uma amostra representativa de folhas e/ou outros materiais de origem vegetal com o objetivo de identificar carência ou desequilíbrio nutricional. Conforme relato, Kurihara et al. (2014) salientam que os resultados da diagnose, normalmente, apresentam os indices dos seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

De maneira prática, Zancanaro e Kappes (2020) resumem a metodologia para realização da análise foliar. Dessa forma, ao menos 25 folhas devem ser colhidas de 25 plantas diferente ao longo do talhão (ao qual deve apresentar características homogêneas, dita cultivares, época de plantio e condições químicas e físicas de solo), no qual, para coleta, as folhas alvo deve estar dispostas na 4ª ou 5ª posição do caule principal, contado a partir do ápice, sendo retirada durante o período de florescimento. Os autores relatam que essa folha é a mais adequada para avaliar o estado nutricional da cultura, pois está completamente expandida, fisiologicamente ativa e se encontra em equilíbrio fisiológico.

Além disso, outros cuidados devem ser tomados, dentre eles: não coletar folhas com idade inferior ou superior ao recomendado, não coletar amostras na bordadura do talhão, não coletar em talhões que receberam aplicações recentes.

Ao final, as amostras deverão ser identificadas com dados da fazenda, produtor, cultivar, época de plantio e demais informações que julgue necessário, condicionadas em sacos de papel, sendo posteriormente encaminhadas ao laboratório para análise e emissão do laudo de estado nutricional. Como exemplificação, Kurihara et al. (2013) elabora os teores de nutrientes utilizados para interpretação dos resultados da análise foliar, podendo ser aplicado para as regiões do Cerrado, principalmente Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Tabela 9).

Tabela 9. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas de algodoeiro para os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Nutriente	Baixo	Suficiente	Alto	Excesso
(g kg ⁻¹)				
N	< 39,1	39,1 a 43,2	43,3 a 47,3	> 47,3
P	< 2,3	2,3 a 2,8	2,9 a 3,4	> 3,4
K	< 13,7	13,7 a 18,2	18,3 a 24,2	> 24,2
Ca	< 16,9	16,9 a 20,8	20,9 a 25,5	> 25,5
Mg	< 2,7	2,7 a 3,4	3,5 a 4,1	> 4,1
S	< 3,8	3,8 a 5,4	5,5 a 7,6	> 7,6
(mg kg ⁻¹)				
B	< 28	28 a 38	39 a 50	> 50
Cu	< 7	7 a 12	12 a 11	> 11
Fe	< 50	50 a 71	71 a 120	> 120
Mn	< 44	44 a 66	66 a 75	> 75
Zn	< 17	17 a 28	28 a 58	> 58

Fonte: Adaptado de Kurihara et al. (2013).

Manejo de reguladores de crescimento e desfolhantes

Por se tratar de uma planta perene de crescimento indeterminado, diversos são os processos fisiológicos que agem sobre a planta do algodoeiro, dentre os quais, concomitam no crescimento e desenvolvimento desde os estágios de imaturidade fisiológica passando para maturação sexual, envelhecimento ou amadurecimento natural dos órgãos e finalmente, morte celular.

Em revisão literária, Chen e Dong (2016) elenca os principais mecanismos que influenciam na maturidade e senescência do algodoeiro, dentre eles, podemos destacar: fatores ambientais (luz, água, temperatura, pH, salinidade), fatores relacionados ao estado de nutrição mineral das plantas, relação fonte-dreno e relação dossel-raiz das plantas, hormônios endógenos, atuação gênica (genes relacionados a senescência atuando na fotossíntese, metabolismo hormonal, degradação de macromoléculas e ciclagem de nutrientes).

Nesse sentido, é de uma complexidade intensa os fatores que podem atuar na senescência do algodoeiro. Entretanto, para alcançar a maturidade normal, é necessário a intervenção por meio de reguladores de crescimento. De acordo com a disponibilidade de mercado, é notável que um dos reguladores de crescimento mais utilizados é o Cloreto

de Mepiquat, ao qual, atrasa o crescimento vegetativo e promove a maturidade precoce coordenando a relação entre crescimento vegetativo e reprodutivo.

De forma prática, Echer et al. (2020) propõem algumas medidas a serem adotadas para monitorar o crescimento das plantas, basicamente a altura das plantas, sendo que as informações levantadas podem influenciar na tomada de decisão para a aplicação dos reguladores de crescimento. Portanto, o monitoramento deve iniciar a partir do estágio B1, pois é caracterizado pelo surgimento do primeiro botão floral aliado ao intenso crescimento do sistema radícula em decréscimo a parte aérea, onde a demanda por reguladores é baixa. A maior atenção é dada nos estádios F1 e C1, em casos onde pode haver perda de carga produtiva.

Dessa forma, no monitoramento deverão ser averiguadas algumas informações, dentre elas: altura de plantas, número de nós da haste principal e comprimento médio dos últimos cinco nós do ponteiro. Portanto, os autores propõem o gráfico de crescimento ideal de plantas para mediação da tomada de decisão a respeito da aplicação dos reguladores (Figura 2). Além disso, é informado que a medição do comprimento dos cinco nós é realizada a partir do primeiro nó no ápice da planta (deve haver distância mínima de 1,2 cm até o segundo nó) até o quinto nó, de forma a obter uma média (distância do primeiro nó (DN1) ao quinto nó (DN5) dividido por 5). De forma prática, os critérios para classificar o crescimento atual das plantas é baseado na seguinte estimativa: >3,5 cm condiciona o crescimento muito vigoroso; 3 - 3,5 cm crescimento vigoroso; < 3,0 cm crescimento baixo Echer et al. (2020).

Para a definição da dose de intervenção dos reguladores de crescimento, os mesmos autores atribuem algumas equações para determinar a quantificação da dosagem com base em algumas informações, como: ciclo da cultivar, temperatura local, umidade do solo, taxa de crescimento diário (Tabela 10).

Nesse sentido, de maneira prática, Lamas et al. (2013) descrevem que as primeiras aplicações de reguladores de crescimento estão alinhadas ao aparecimento dos primeiros botões florais até o pleno florescimento, no qual as plantas devem apresentar algumas características. Entre elas: 30 a 35 cm de altura em cultivares de porte alto; 35 a 40 cm de altura em cultivares de porte médio; 40 a 45 cm de altura nas cultivares de porte baixo. Além disso, conforme salientado pelos autores, é recomendado o parcelamento das doses do produto, em até 4 aplicações. Respeitando a seguinte recomendação: 10% da dosagem recomendada na primeira recomendação; 20% na segunda aplicação; 30% da dosagem na

terceira aplicação e 40% na última aplicação, de modo às plantas não apresentarem escape (falta de eficácia do produto mediante a doses relativamente baixas ou travamento da planta com conseqüente perda de produção mediante a doses elevadas).

Tabela 10. Sugestão de doses de regulador de crescimento em diferentes condições de crescimento.

Equação*	Ciclo da cultivar	Temperatura	Umidade do solo	Taxa de crescimento diário (cm)
Dose= 12,64 - 0,538A + 0,0083A ²	Precoce/médio	-	-	1,50
Dose= 24,39 - 1,007A + 0,0154 A ²	Médio/tardio ou tardio	< 30°C	Boa	1,25
Dose= 34,16 - 1,438A + 0,0224A ²	Tardio	> 30°C	Boa	1,00

* O resultado da equação é expresso em g. ia. ha⁻¹ de cloreto de mepiquate ou clormequate. A= altura de planta em centímetros. Fonte: Echer et al. (2020).

Além disso, para determinar a o momento da segunda aplicação em diante, deve ser realizado o monitoramento entre 5 a 8 dias após a primeira aplicação, de modo a obter a seguinte informação:

$$\text{Equação} = \frac{\text{Altura atual} - \text{altura anterior}}{\text{dias após a aplicação}}$$

Onde, havendo valor final obtido maior que 1,5 cm/dia, deve-se fazer a interferência na lavoura mediante a uma nova aplicação do regulador de crescimento.

Assim, no mercado atual, estão disponíveis cerca de 27 produtos comerciais envolvendo mistura ou isolados de Cloreto de Mepiquate com presença (ou não) de regulador do crescimento do algodoeiro. Apresenta-se abaixo (Tabela 11) a relação de alguns produtos com seus ingredientes ativos e a dose recomendada para aplicação, de acordo com o MAPA (2023).

Conforme visto, diversas são as etapas que devem ser analisadas no processo de condução de uma lavoura de algodão, seja a aplicação de fertilizantes de forma pós emergente (via foliar) de modo a corrigir déficits nutricionais, não percebidos na análise química do solo, em decorrente de falhas no processo de implantação da lavoura, além do uso de substâncias reguladoras de crescimento podendo essas estar aliadas com a presença de fitohormônios em sua composição.

Tabela 11. Produtos recomendados como reguladores de crescimento do algodoeiro.

Identificação	Princípio ativo	Dose recomendada
Aplic [®]	Cloreto de Mepiquate + Ciclanilida	0,100 a 0,250 L/ha (4 primeiras aplicações) e 1,0 L/ha (5 ^a aplicação)
Coach [®]	Cinetina + Acido 4-Indol-3ilbutírico	300 a 750 mL/ha (em até duas aplicações)
Fascinate BR [®]	Glufosinato - sal de amônio (homoalanina substituída)	2,0 L/ha em dose única
Perlan [®]	Ácido Giberélico n° 4 e 7 + Benziladenina	0,200 a 0,250 L/ha em dose única

Fonte: MAPA (2023).

Ao passo que se aproxima a necessidade de colheita da fibra produzida ou algodão em caroço, é necessário atenção a respeito da aplicação de produtos caracterizados como desfolhantes na cultura do algodoeiro. A utilização dos desfolhante está primeiramente relacionado a paralisação do ciclo vegetativo, mesmo após o processo reprodutivo, em virtude do ciclo perene do algodão, adaptando a planta a colheitas anuais, processo a qual recebe o nome popular de “cut out”. Além disso, em decorrência do alto índice foliar durante o processo de maturação e formação da fibra, é possível associar a desfolha química, como forma de controlar a incidência e severidade da Ramulária do algodoeiro (*Ramularia areola*) e até mesmo as principais pragas da cultura, seja: Ácaro rajado (*Tetranychus urticae*); pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*) e Bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*).

De maneira simples, existem no mercado dois grandes grupos de produtos com a finalidade de realizar a desfolha química na cultura do algodoeiro. O primeiro grupo, diz a respeito aos produtos de ação hormonal a qual estimulam a biossíntese de etileno, a peroxidação e atividade da celulase na zona de abscisão, ao passo que, por consequência, promovem a desidratação do limpo foliar e posterior queda das folhas (Greene e Polish, 2007). O outro grupo, diz respeito a produtos caracterizados como promotores de abertura de capulhos, pois atuam estimulando a abertura precoce de maçãs, ora vista, tais produtos de acordo com Pazzeti e Fernando (2020) chamados de herbicidas desseccantes e de maneira errônea de maturadores, visto que seu efeito pode atingir maçãs fisiologicamente imaturas ocasionando redução na qualidade da fibra colhida ao final.

Dessa forma, de maneira prática, esses autores apresentam uma recomendação para o uso de desfolhantes no algodoeiro. Assim sendo, as aplicações deverão ser realizadas a partir do momento em que o resultado do monitoramento apresentar entre 60 a 80% dos capulhos abertos. Cabe ressaltar que, existem outros cuidados que podem influenciar no momento da aplicação do desfolhante no qual deverão ter o seguinte questionamento: o potencial da cultivar foi atingido até o momento? Os parâmetros que regem a qualidade de fibra estão de acordo para o momento da colheita? Houve a formação da última maçã, ou seja, o último fruto a ser colhido está no tamanho fisiológico adequado a colheita? Esse último fruto, considerado maduro, está localizado quatro nós acima do último capulho aberto?

Uma vez respondido essas questões, e não havendo desfolha por ação de pragas e doenças, as aplicações podem terão início. Assim, no mercado atual, estão disponíveis diversas formulações, dentre as quais, as principais envolvem misturas ou isolados de diurom associado a tidiazurom. Apresenta-se abaixo (Tabela 12) a relação de alguns produtos com seus ingredientes ativos e a dose recomendada para a realização da desfolha do algodoeiro, de acordo com o MAPA (2023). Realizada a aplicação do desfolhante e, respeitado o prazo de carência, os cotonicultores deverão estar atentos as condições climáticas e a infraestrutura a disposição para colheita, manuseio, logística e armazenamento do material colhido, sem comprometer, a qualidade da fibra produzida.

Tabela 12. Produtos recomendados como desfolhantes do algodoeiro.

Identificação	Princípio ativo*	Dose recomendada ⁽¹⁾
Avguron Extra SC®	Diurom (180 g/L) + Tidiazurom (360 g/L)	140 - 170 mL ha ⁻¹
Drop Ultra®	Diurom (60 g/L) + Tidiazurom (120 g/L)	400 a 500 mL ha ⁻¹
Punto®	Diurom (180 g/L) + Tidiazurom (360 g/L)	140 - 170 mL ha ⁻¹
CottonQuik®	Ácido 2-cloroetil fosfônico (precursor de etileno) (273 g/L)	4,0 - 6,0 L ha ⁻¹
Finish®	Ácido 2-cloroetil fosfônico (precursor de etileno) (480 g/L) + Ciclanilda (Carboxanilda) (60 g/L)	1,5 a 2,5 L ha ⁻¹

⁽¹⁾ Recomenda-se uma aplicação na cultura do algodoeiro antes da colheita quando 60 a 80 % das maçãs estiverem abertas, visando a desfolha e conseqüentemente acelerar a maturação do fruto e a abertura dos capulhos, facilitando assim a operação de colheita. Realizar no máximo 01 aplicação por ciclo da cultura; *Respeitar o período de carência de 07 dias para entrada na lavoura. Fonte: MAPA (2023).

CONCLUSÕES

O cultivo do algodoeiro é uma atividade agrícola de grande importância econômica no Brasil, com grande valor agregado ao produto final, seja fibra, caroço ou óleo. A planta é cultivada em várias regiões do país, mas é especialmente importante na região do Cerrado, onde tem expressado os maiores índices de produtividade do país. A implantação da cultura do algodão requer a escolha adequada da variedade que se adapte bem às condições edafoclimáticas da região onde será cultivada.

Além disso, durante o ciclo de cultivo, é importante adotar medidas de controle de pragas e doenças, bem como garantir que o algodoeiro receba a nutrição adequada. A adubação do algodão é essencial para garantir que a planta tenha todos os nutrientes necessários para crescer e desenvolver-se corretamente. Além disso, é importante utilizar reguladores de crescimento para controlar o crescimento das plantas e melhorar a qualidade dos fios.

REFERÊNCIAS

- Ali H.; Ahmad Ml. Agronomic efficiency and profitability of cotton on integrated use of phosphorus and plant microbes. *Brazilian Journal of Biology*, v. 81, n. 2. p. 484-494. 2021. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.232940>
- Alves, G. da S. et al. Crescimento, produtividade e qualidade de fibra de algodão colorido influenciados pela população de plantas. *Revista Ceres*, v. 64, n. 1, p. 68-76. 2017. <https://doi:10.1590/0034-737x201764010010>
- Associação Piauiense Dos Produtores De Algodão, APIPA. Final de colheita, destruição de soqueiras e vazios sanitários: Ações Fitossanitárias e Agronômicas para apoiar a expansão do algodão no cerrado Piauiense - Safras 2019/20 a 2021/22. Informativo Técnico nº 07, Ebook, ano 2020, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1 ago. 2020.
- Barros, G. S. A. C. et al. Gestão de negócios agropecuários com foco no patrimônio. Campinas: Alínea. 120 p. 2019.
- Beltrão, N. E. de M.; Azevedo, D. M. P. de. O agronegócio do algodão no Brasil. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 570p.

Bennett, J. et al. Advances in cotton harvesting technology: a review and implications for the John Deere round baler cotton picker. *Journal of Cotton Science*. 19. p. 225-249. 2015.

Carvalho, L. P. de. et al. Variabilidade e capacidades gerais e específica de combinação para teor de óleo em algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.14, n.1, p. 19-27, 2010.

Carvalho, M. C. S.; Ferreira, A. C. B. Manejo de solos aptos à cotonicultura no cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). *Algodão no cerrado do Brasil*. 2. ed. Aparecida de Goiânia: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2011. Cap. 19.

Centro De Estudos Avançados Em Economia Aplicada, CEPEA. *PIB Cadeias Do Agronegócio - 2017*. Piracicaba, 2020.

Chen, Y., Dong, H., Mechanisms and regulation of senescence and maturity performance in cotton. *Field Crops Research*, e. 6629. 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.02.003>

Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília, v.9 - Safra 2021/22, n.12 - Décimo segundo levantamento, 88 p. 2022.*

Davis, R. M. et al. Benefits of cotton seed treatments for the control of seedling diseases in relation to inoculum densities of *Pythium* species and *Rhizoctonia solani*, *Plant Disease*, St. Paul, v.81, n.7, p. 766-768, 1997.

Diretoria de Fiscalização de Produtos Controlados, DFPC. *Legislação - Explosivos (in Portuguese) [WWW Document]. Disponível em <http://www.dfpc.eb.mil.br/index.php/noticias-menu/308-explosivos>. Acesso 12 jan. 2023.*

Doorenbos, J; Kassam, A.H. *Efeito da Água no Rendimento das Culturas*. Tradução de Gheyi, H.R.; Sousa, A.A.; Damasceno, J.F. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 221p, 2000

Echer, F. R. et al. The effects of nitrogen, phosphorus, and potassium levels on the yield and fiber quality of cotton cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, v. 43, n. 7, p. 921-93. 2020.

Feiyan, Ju et al. Potassium application alleviates the negative effects of salt stress on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield by improving the ionic homeostasis, photosynthetic capacity and carbohydrate metabolism of the leaf subtending the cotton boll. *Field Crops Research*, v. 272, e108288. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108288>.

Flis, S. 4R Nitrogen fertilizer management in cotton production. *Crops & Soils*, v. 52, p. 22- 24. 2019 <https://doi.org/10.2134/cs2019.52.0303>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. Fertilizers by product FAOSTAT [WWW Document]. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB>. Acesso 12 jan. 2023.

Fuzatto, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTO, W. J dos. (Ed.). Cultura do algodoeiro. Piracicaba: Potafos, p. 15-34. 1999.

Goulart, A. C. P. Tratamento de sementes do algodoeiro com fungicidas In: Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Algodão. Algodoeiro: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa Algodoeiro, p.140-158, 2001.

International Fertilizer Association, IFA. Fertilizer Outlook 2020 - 2024 [WWW Document]. Disponível em https://www.fertilizer.org/Public/Stewardship/Publication_Detail.aspx?SEQN=6020&PUKEY=FDB434B2-9E8A-4ABC-A4BE-5F0422F198ED. Acesso 12 jan. 2023.

Iqbal, Babar et al. Phosphorus Application Improves the Cotton Yield by Enhancing Reproductive Organ Biomass and Nutrient Accumulation in Two Cotton Cultivars with Different Phosphorus Sensitivity. *Agronomy*. v.10. e153. 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020153>.

Jamali, H. Soil compaction in a new light: Know the cost of doing nothing - A cotton case study. *Soil and Tillage Research*, v. 213, e105158. 2021. <https://doi:10.1016/j.still.2021.105158>

Kay, R. D. et al. Gestão de propriedades rurais (7. ed.). AMGH. 468 p. 2014.

Khan S. U. Impact of nitrogen and phosphorus fertilizers on Cry1Ac protein contents in transgenic cotton. *Brazilian Journal of Biology*, v. 6, n. 83, e246436. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.246436>

Khan, A. et al. Nitrogen nutrition in cotton and control strategies for greenhouse gas emissions: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, 23471-23487 p. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0131-y>

Kurihara, C. H. et al. Diagnose do estado nutricional de soja e algodoeiro, pelos métodos das faixas de suficiência e DRIS, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. In: Circular Técnica 29. Embrapa Agropecuária Oeste, 6 p. 2014

Kurihara, C. H. et al. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. *Revista Ceres*, v. 60, n. 3, p. 412-419, 2013.

Lamas, F. M et al. Pontos a serem considerados no manejo de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro. In: Comunicado técnico 192. Embrapa Agropecuária Oeste. 6 p. 2013

Lamas, F. M. et al. Implantação da Lavoura de Algodão. In: MANUAL de Boas práticas de Manejo do Algodoeiro: em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2020. v. 1, cap. D, p. 170-179.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2022). Consulta de Produtos Formulados. Disponível em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso 05 jan. 2023.

Neto, M. da Silva. A. et al. Agroecological Zoning and definition of sowing periods for cotton in Brazil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.422-428, 2001.

Olson, K. D. Economics of farm management in a global setting. Wiley. (1. ed.). 560 p. 2010.

Otto, R. et al. Nitrogen fertilizer management on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and quality in two tropical soils, European Journal of Agronomy, v. 142. e126672. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126672>.

Otto, Rafael et al. Nitrogen Management for Cotton Production and Quality Under Tropical Soil Conditions. SSRN Electronic Journal. 36 p. 2022. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4106128>.

Pazzet, G.; Fernando, J. Manejo da desfolha. In: MANUAL de Boas práticas de Manejo do Algodoeiro: em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2020. v. 1, cap. E, p. 321-325.

Riaz Marral, M.W. et al. The influence of transgenic (*Bt*) and nontransgenic (non-*Bt*) cotton mulches on weed dynamics, soil properties and productivity of different winter crops. PLoS One, v. 15, no. 9, e0238716. 2020. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0238716>

Rochester, I. J. Nutrient uptake and export from a Australian cotton field. Nutrient cycling in agroecosystems, Dordrecht, v. 77, p. 213-223, 2007.

Rosolem, C. A. Crescimento do algodoeiro. In: MANUAL de Boas práticas de Manejo do Algodoeiro: em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, v. 1, cap. c, p. 104-111. 2020.

Sawan, Z.M. Mineral fertilizers and plant growth retardants: Its effects on cottonseed yield; its quality and contents. Cogent Biology, v. 4, e.1459010. 2018. <https://doi.org/10.1080/23312025.2018.1459010>

Shen, J.B. et al. Maximizing root/ rhizosphere efficiency to improve crop productivity and nutrient use efficiency in intensive agriculture of China. Journal of Experimental Botany, vol. 64, no. 5, p. 1181-1192. 2013. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/ers342>

Sousa, D. M. G. de. et al. Adubação com fósforo. In: Sousa, D. M. G. de; Lobato, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

Statistical Database Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>. Acesso em: 5 jan. 2022.

Vance, C.P. et al. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a non-renewable resource. *The New Phytologist*, vol. 157, no. 3, p. 423-447. 2003. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x>

Vilela, L. et al. Adubação potássica. In: Sousa, D. M. G.; Lobato, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 169-184.

Vilela, P. M. C. de A.; Bélot, J-L. Implantação da Lavoura de Algodão: Escolha da variedade. In: MANUAL de Boas práticas de Manejo do Algodoeiro: em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2020. v. 1, cap. D, p. 156-169.

Wang, H.; Davis, R. M. Susceptibility of selected cotton cultivars to seedling disease pathogens and benefits of chemical seed treatments. *Plant Disease*, St. Paul, v. 18, n. 9, p.1085-1088, 1997.

Wang, Y., Wu, W.H. Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 39, 123-128. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.006>

Wu, S.C. et al. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, v. 125, n. 1-2, p. 155-166. 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003>

Zancanaro, L.; Kappes, C. Solos e sistema de produção para o algodoeiro: Levantamento da área, amostragem de solo e de folhas. In: MANUAL de Boas práticas de Manejo do Algodoeiro: em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá, MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2020. v. 1, cap. B, p. 58-98. ISBN 978-85-66457-06-3.

Zhou, D. et al. Influence of fertilization and environmental temperature on the resistance of Bt transgenic cotton to cotton bollworm. *Journal of Anhui Agricultural University.*, v. 27, p. 352-357. 2000.

Ecofisiologia da germinação e produção de mudas de jatobazeiro

Autores:

Cleberton Correia Santos

Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS

Anderson dos Santos Dias

Mestrado em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS

Juliana Milene Silverio

Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS

Sinval Vicenzi Júnior

Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS

Silvana de Paula Quintão Scalon

Professora do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS

Silvia Correa Santos

Professora do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados - MS

DOI: 10.58203/Licuri.20107

Como citar este capítulo:

SANTOS, Cleberton Correia et al. Ecofisiologia da germinação e produção de mudas de jatobazeiro. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). *Estudos em Ciências Florestais e Agrárias*. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 101-127.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

O jatobazeiro (*Hymenaea* spp., Fabaceae) é uma espécie frutífera e nativa no Brasil, distribuído em diversas fitofisionomias nos variados domínios fitogeográficos. Considerando a importância alimentícia, silvicultural, ecológica e medicinal. Objetivou-se nesse trabalho descrever os aspectos ecofisiológicos relacionados à germinação e produção de mudas da *Hymenaea* spp. O trabalho foi baseado em revisão de literatura exploratória sobre os temas propostos. As sementes de jatobazeiro são classificadas como ortodoxas e apresentam dormência tegumentar e fisiológica, o que dificulta o tempo, a uniformidade e a porcentagem da germinação e da emergência das plântulas, sendo que a escarificação mecânica e uso de bioestimulantes é uma prática promissora na viveiricultura. As mudas são sensíveis a exposição a alta irradiância e ao estresse por déficit e alagamento, mas sobrevivem a essas condições por meio de ajustes fisiológicos, favorecendo a plasticidade e resiliência ecológica. O uso de agentes mitigadores, tal como aplicação foliar de silicato de potássio, ácido salicílico contribuem na indução da tolerância das mudas aos fatores estressores. O sombreamento atua de maneira sinérgica em aliviar o estresse por déficit hídrico. No que se refere a nutrição das mudas, o gênero é responsivo a adubação, especialmente nitrogênio e fósforo. O uso de resíduos orgânicos e a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares é uma prática promissora para produção de mudas de jatobazeiro de alta qualidade. O jatobazeiro é uma espécie promissora para atividades silviculturais e de exploração sustentável. Embora já tenham alguns estudos na literatura as informações são insuficientes, necessitando de novas pesquisas para estabelecer protocolos do cultivo da espécie.

Palavras-chave: *Hymenaea* spp. Fitoterapia. Dormência. Plasticidade. Regulador de crescimento.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui biodiversidade florística com potencial de agregação de valor por meio da exploração sustentável. Dentre as espécies de interesse socioeconômico, medicinal e alimentício, destaca-se a *Hymenaea* spp. O gênero é distribuído em diversas espécies encontradas em várias fitofisionomias no Brasil, apresentando crescimento rápido, sendo indicada para inserção em sistemas agroflorestais biodiversos ou silvipastoril, além da recuperação de ambientes degradados e enriquecimento de matas nativas.

Além disso, algumas comunidades rurais tradicionais fazem a coleta de frutos para consumo *in natura* ou processados na forma de farinhas, licores e geleias, o que se torna uma alternativa de renda promissora. Portanto, informações quanto às características da germinação de sementes e produção de mudas são relevantes para o cultivo *ex situ* para exploração sustentável da espécie e conservação dos recursos genéticos da biodiversidade, almejando os objetivos do desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, considerando o fato de que as sementes apresentam tegumento rígido deve-se usar métodos de superação de dormência com o intuito de contribuir na velocidade de germinação e uniformidade das mudas. Em nosso trabalho descrevemos alguns resultados baseados na literatura científica sobre os desafios e perspectivas nessa temática. Além disso, foram descritas as respostas ecofisiológicas das mudas do jatobazeiro submetidas ao estresse hídrico e luminoso e uso de agentes de mitigação dos efeitos estressantes, além do manejo nutricional sobre o crescimento das mudas.

Assim, objetivou-se nesse trabalho descrever os aspectos ecofisiológicos relacionados à germinação e produção de mudas da *Hymenaea* spp.

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA

Árvore tropical, componente da rica flora brasileira, *Hymenaea* spp., conhecida popularmente como Jatobá ou jatobazeiro, pertence à família Fabaceae. No gênero *Hymenaea* são reconhecidas 16 espécies, distribuídas do México à América do Sul. Desse total, 13 espécies são encontradas no Brasil, e apresentam grande variedade morfológica

entre si, fato que as colocam em 23 diferentes táxons, delimitados principalmente pelos caracteres biométricos e reprodutivos, com ênfase as folhas, as estruturas florais e os frutos (Cipriano et al., 2016). As espécies de *Hymenaea* de maior expressão socioeconômica, alimentícia e medicinal são a *H. courbaril*, *H. stigonocarpa* e a *H. martiana* (Barroso et al., 2011).

H. courbaril possui vasta distribuição, ocorrendo desde a floresta amazônica até a floresta estacional semidecidual no sudeste do país, com diversas variedades, sendo as mais comuns, *H. courbaril* var. *courbaril.*, *H. courbaril* var. *stilbocarpa*, *H. courbaril* var. *subsessilis*, *H. courbaril* var. *villosa* (Filardi et al., 2018). A espécie geralmente ocorre em baixas densidades populacionais (< 1 árvore/ha) (Silva et al., 2014).

É hermafrodita, polinizada por morcegos e amplamente distribuída nos trópicos (Silva et al., 2014). A espécie é classificada como secundária/clímax tardia, isto é, tolerante a sombra quanto ao grupo ecológico (Aidar et al., 2002; Lima et al., 2010). São árvores de troncos retos e cilíndricos, de súber liso e de coloração cinza. No Brasil, florescem durante os meses de dezembro a fevereiro e os frutos amadurecem entre os meses de agosto e setembro (Barroso, 1991). O fruto de *H. courbaril* é do tipo leguminosa seca e indeiscente (Figura 1); a semente é exalbuminosa com embrião axial e cotilédones espessos; a germinação é epígea e a plântula é fanerocotiledonar (Figura 2), iniciando-se no terceiro dia e se estende até o dia 18º dia (Duarte et al., 2016).



Figura 1 - Frutos de *Hymenaea courbaril* L. Fonte: Reis, L. C.

A *H. courbaril* é amplamente distribuída nos neotrópicos, ocorrendo principalmente no Cerrado. No Brasil tem ocorrência confirmada nas regiões Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão,

Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro- -Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná) (Pinto et al., 2023).

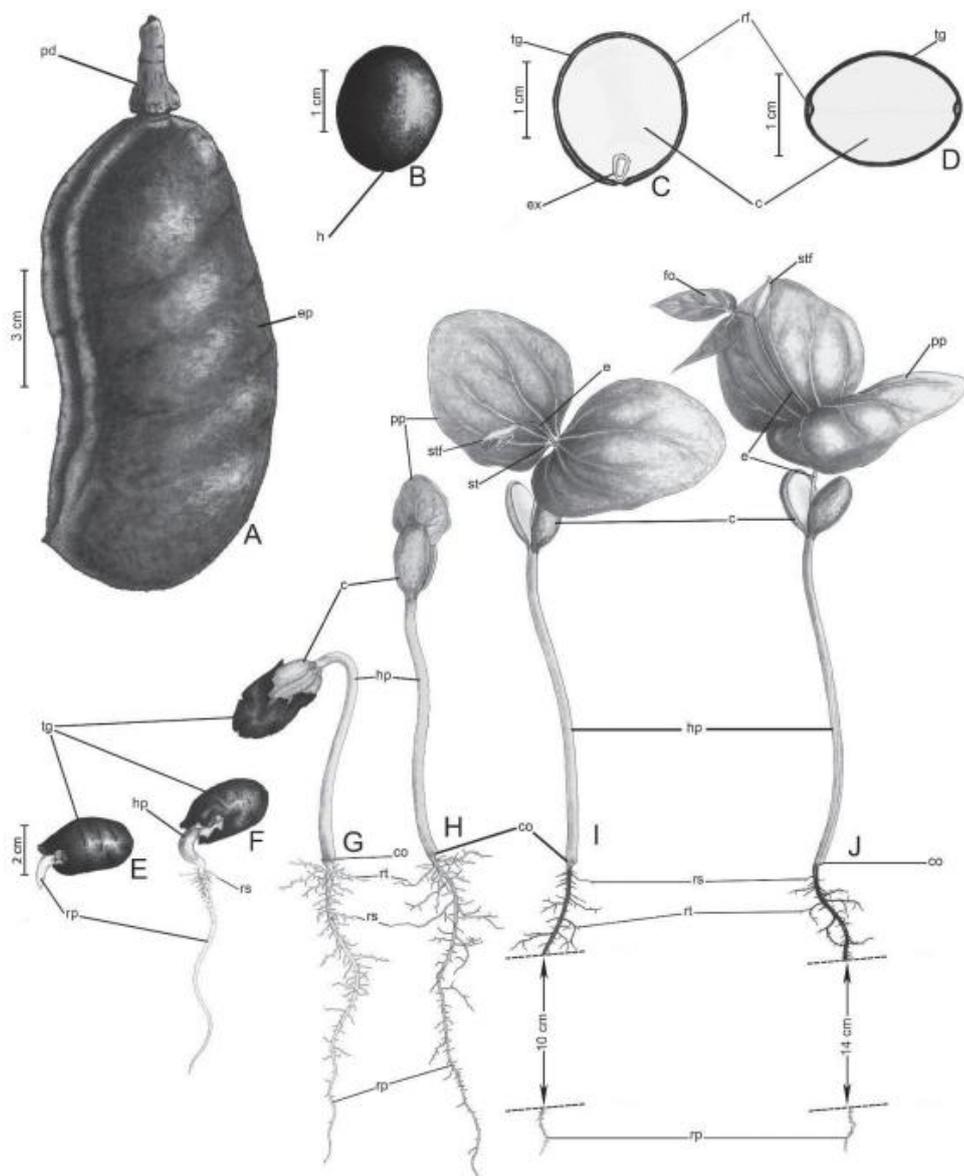


Figura 2 - Frutos, sementes, estados de germinação e mudas de *Hymenaea courbaril* L. Legenda: A - fruto; B - semente; C - semente em corte longitudinal mostrando o eixo embrionário; D - semente transversal; E - G - estágios da germinação; H - J - desenvolvimento de mudas; pd - pedúnculo; ep - epicarpo; h - hilo; tg - tegumento; rf - rafe; c - cotilédones; ex - eixo embrionário; rp - raiz primária; hp - hipocótilo; tg - tegumento; rs - raiz secundária; co - pescoço; pp - protófilo; rt - raiz terciária; ep - epicótilo; st - estipulação; STF - estipulação de folha; fo - folíolo. Nota: a escala é a mesma de E a J; vista do corte nas raízes de I e J representadas em grandeza real (cm). Fonte: Duarte et al. (2016).

Espécies lenhosas tropicais, como a *H. courbaril* têm ciclos de vida longos e são normalmente alógamas, com indivíduos grandes e sobrevivem principalmente em estado silvestre (Leite, 2007). Mesmo sendo uma espécie considerada rústica

devido à baixas necessidades nutricionais e ecofisiológicas para seu crescimento e desenvolvimento, Nascimento et al. (2011) verificaram que níveis abaixo de 50% da capacidade de retenção de água no solo restringem significativamente o crescimento de mudas de jatobazeiro.

H. courbaril está presente em vários fragmentos de vegetação ao longo da distribuição territorial do Brasil (Souza et al., 2023). De acordo com Gomes et al. (2006) em estudo sobre a florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José em Buíque, no estado de Pernambuco verificaram por meio de levantamento da flora angiospérmica de um trecho de vegetação arbustiva subcaducifólia, que dentre as espécies arbóreas presentes nesse local, a *H. courbaril* apresentou maior representatividade.

Em outro caso foi realizado um levantamento etnobotânico, a fim de subsidiar pesquisas sobre espécies potenciais nos fitofármacos ocorrentes na Caatinga, as famílias Fabaceae, Euphorbiaceae e Anacardiaceae predominaram no fragmento florestal avaliado, e *H. courbaril* L. demonstrou-se promissora para pesquisas voltadas à obtenção de fitofármacos (Pereira Júnior et al., 2014). Em Minas Gerais estudando a estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em fragmento de floresta estacional semidecidual na cidade de Uberaba verificou-se ocorrência de *H. courbaril* com altos valores de dominância relativa (Dias Neto et al., 2009).

No Mato Grosso do Sul, foi realizada a caracterização da composição florística em dois trechos de floresta estacional semidecidual associada ao rio Formoso em Bonito, e em três trechos de florestas estacionais deciduais e semidecíduais, Baptista-Maria et al. (2009) identificaram comumente nas partes mais úmidas dessas formações *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae), e citou que a mesma é considerada espécie de distribuição Amazônica.

Em levantamento da modelagem e distribuição potencial de espécies arbóreas relevantes para a dinâmica sociocultural e ecológica do parque Nacional de Sete Cidades no Piauí, a *H. courbaril* apresenta boa valoração. A espécie nesse local apresentou área estimada em 16,19 km² ocupando 14,03% de toda a área, distribuídos em áreas próximas ou parcialmente inundadas por riachos, principalmente concentrados em ambientes de vegetação arbórea-arbustiva. Ainda nesse estudo ressaltou-se como essa espécie apresenta relevante importância ecológica, pois é tolerante e resistente às condições desfavoráveis do ambiente, enquanto que outras espécies não conseguem sobreviver,

estando algumas delas entre as mais presentes em Matas de Galeria, normalmente próximo a mananciais ou ao longo dos rios e riachos (Gaia et al., 2020).

POTENCIAL DE USO

Fitoterapêutico

Nos últimos anos alguns dos motivos associados a problemas de saúde e insegurança alimentar estão relacionados ao consumo de alimento de baixo valor nutricional ou ultraprocessados (FAO et al., 2019). Nesse sentido, o consumo de frutos nativos surge como uma alimentação de base nutracêutica, dentre os quais, o Jatobá (*H. courbaril*) é uma espécie amplamente utilizada e comercializada na região Nordeste do Brasil. Os comerciantes locais, utilizam a casca, folha, sementes e raízes das plantas em seus comércios como forma de tratamento fitoterapêutico (Carvalho et al., 2015). Nos últimos anos, a busca por plantas alternativas como forma de alimento e fins medicinais tem tido destaque (Ekor, 2014) seja na forma de extratos, chás ou outras infusões, emplastos, xaropes ou até mesmo via alimentícia (Marques e Fara, 2009).

Dado o tradicionalismo na utilização dos derivados de Jatobá no combate ou tratamentos a algumas enfermidades, no que diz respeito ao interesse fitoquímico e farmacológico, diversas pesquisas utilizando as espécies de *Hymenaea* em todo o mundo foram conduzidas de modo a explorar o potencial de uso da planta.

No Brasil, grande parte dos estudos estão concentrados na região Central e Nordeste do país. Com especificidade a espécie, *H. courbaril* ganha destaque entre as demais pelo alto relato científico de uso. Na região Nordeste, com precisão ao Estado do Ceará, foi registrado que grande parte da população tem o tradicionalismo de utilizar a planta de Jatobá e seus derivados no tratamento de enfermidades, tais como: anemia, problemas no sistema urinário e estomacal, tratamento de doenças respiratórias com ação expectorante, herpes labial e ação anticoagulante (Cartaxo, Souza e de Albuquerque, 2010).

Segundo Mans et al. (2016), a decocção com as folhas da planta pode ser utilizada no tratamento de dores estomacais, além disso, infusões em forma de chá podem ser utilizado no combate a bronquite e inflamações respiratórias.

A polpa ao redor das sementes de Jatobá, apesar de seu odor característico, pode ser consumida *in natura*, torrado ou fermentado. Ainda, a polpa pode ser utilizada na preparação de farinha ou refrescos enquanto que o conteúdo interior das sementes, tem uma utilização comprovada como agente antidiarreico (Mors, Rizzini e DeFillipps, 2000), de forma semelhante, os frutos e sementes são utilizados para tratamento de problemas pulmonares, renais, estomacais e prostáticos (Cartaxo et al., 2010).

Miranda, Castro e Silverio (2014) investigaram o efeito da atividade antioxidante e inibição da tirosinase do extrato de folhas de Jatobá (*H. stigonocarpa*). Os autores contextualizam que os radicais livres presente no organismo humano são capazes de desencadear doenças significativas e estimular o envelhecimento precoce da pele, principalmente, a hiperpigmentação devido ao aumento do número de melanócitos, mediado pela atividade de enzimas melanogênicas, como a tirosinase. Dito isso, os autores objetivaram determinar o nível de fenóis totais, a atividade antioxidante e a capacidade de inibição na atividade da melanogênese e tirosinase pelos compostos presentes na espécie *H. stigonocarpa*. Os autores observaram que o extrato etanólico de Jatobá apresentou inibição entre 38 a 48% da atividade da enzima tirosinase até mesmo atividade captadora de radical livre com ação ativa ($IC_{50} = 19 \pm 0,1$ ppm). Por conclusão, os autores interligam que apesar do extrato etanólico ter uma diversidade de substâncias, ainda que desconhecidas por sua complexidade, a utilização dos extratos vegetais de plantas do Cerrado Brasileiro como combate a hiperpigmentação na substituição de compostos sintéticos apresenta-se como uma ideia promissora, entretanto, fica em aberto a necessidade de investigações mais aprofundadas a respeito da especificidade dos compostos presentes no extrato.

Silva et al. (2018) investigaram o perfil fenólico de extratos de *H. stignocarpa* submetidos a digestão *in vitro* quanto a inibição das atividades das enzimas α -amilase e α -glicosidase; e o efeito da adição de farinha de jatobá-do-cerrado na qualidade nutricional, índice glicêmico (IG) e aceitabilidade de pães. Como conclusão, os autores inferem que os extratos fenólicos pós digestão inibiram significativamente a atividade de ambos complexos enzimáticos além do qual, a adição de até 20% de farinha de Jatobá do Cerrado na elaboração de pães promoveu redução de até 22% no índice glicêmico, no qual, apresenta-se como uma alternativa à farinha de trigo refinada podendo ser incluído na dieta de portadores de doenças crônicas ou até mesmo pessoas saudáveis como forma de melhorar o controle glicêmico.

Uma utilização, ainda que desconhecida por parte da população, diz respeito a propriedade antimicrobiana dos extratos aquosos de Jatobá como medicamento veterinário. Nesse sentido, Vieira et al. (2018) avaliaram o efeito do extrato etanólico bruto da folha de Jatobá (*H. martiana* Hayne) como agente supressor na atividade microbiana de *Staphylococcus* spp. Os resultados apontaram que o extrato etanólico bruto das folhas de *H. martiana* tem potencial para combater a proliferação de bactérias ambientais e infecciosas, surgindo como uma forma de prevenir a mastite caprina.

Valor nutricional

Partindo da ênfase dada a respeito da Insegurança Alimentar e acesso a produtos alimentícios de baixo valor nutricional, os frutos de Jatobá apresentam-se como uma alternativa ao consumo de alimentos *in natura* ao qual são amplamente utilizados pela população residente no Nordeste do Brasil e outras localidades. Nessas regiões, é comum o consumo *in natura* ou até mesmo na forma de ingredientes para massas de bolos, pães, biscoitos, mingau, farinha e derivados.

Com relação aos valores proteicos, as frutas, por exceção das leguminosas, apresentam baixas concentrações de proteína em seus constituintes, citando por exemplo: castanha do Brasil (14,29%) de proteína, banana prata (1,3%) de proteína, laranja lima (1,1% de proteína) mamão papaia (0,5%) de proteínas (TACO, 2006), ao qual o Jatobá, apresenta valores expressivos de proteína, podendo chegar até 7,60 % do constituinte da polpa.

No que diz respeito aos lipídios, apesar do seu potencial calórico e atuação como transportadores de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), existe grande variação no teor lipídico entre os diferentes tipos de frutas. Portanto, frutos como pequi e macaúba apresentam valores entre 18 a 40,7% de lipídios totais (TACO, 2006), no qual o Jatobá apresentou variações entre 2 a 4%. Citando ainda as cinzas, basicamente são os resíduos inorgânicos presentes nos alimentos, com algumas exceções, ao qual referem-se aos minerais disponíveis após a queima da matéria orgânica.

O destaque para o Jatobá, refere-se ao constituinte de carboidratos (Glicídios totais) ao qual, conforme levantamento obtido por Martins (2006), o Jatobá apresenta os maiores valores em comparação com alguns frutos do Cerrado (30,90 a 35%, aproximadamente), citando: cajuzinho do cerrado (8,93%), lobeira (5,74%) e mangaba (4,34%). Por fim, Matuda e Maria Netto (2005) objetivaram avaliar as características químicas da semente de Jatobá

do Cerrado quanto aos constituintes nutricionais (Tabela 1). Dessa forma, os autores concluem que as sementes de Jatobá apresentam alto teor de fibras totais e baixa teor de lipídios e proteínas, quando comparada com o padrão FAO, exibindo deficiência em níveis de aminoácidos sulfurados. Ainda, o reflexo do teor de cinzas diz a respeito dos índices de macronutrientes, o qual estão abaixo de sementes leguminosas. Entretanto, apesar dos valores nutricionais encontrados, a exploração do máximo potencial da espécie irá depender das pesquisas relacionadas aos constituintes da semente e polpa, de modo a estimular o consumo humano.

Tabela 1 - Composição de aminoácidos presentes na semente de Jatobá do Cerrado.

Aminoácido	Semente de jatobá (mg aa/g proteína)	Padrão FAO (mg aa/g proteína) ²
Histidina	36,21	19
Isoleucina	48,45	28
Leucina	95,45	66
Lisina	73,16	58
Metionina + Cisteína	19,56	25
Fenilalanina + Tirosina	80,29	63
Treonina	3,89	34
Triptofano	*	11
Valina	56,13	35
Escore químico	78,24	*

*Não detectado. ² recomendação da FAO para crianças entre 2 a 5 anos. Fonte: Matuda e Maria Netto (2005).

Potencial silvicultural e econômico do Jatobazeiro

Com o advento do Código Florestal, algumas Instruções Normativas foram elaboradas para a preservação de matas e florestas nativas em território nacional. Dentre as prerrogativas, o Bioma Amazônia sofreu alterações significativas, desde o aumento na porcentagem de área destinada a cobertura com vegetação nativa, de 40 para 80% (Brasil, 2012), estabelecimento de diâmetro mínimo de corte e ciclo de corte (Brasil, 2015).

Vieira et al. (2014) relataram que a floresta deve ser manejada como uma fonte perene de suprimentos de modo a atender as necessidades humanas, agindo de forma sustentável e renovável. Portanto, é necessário a preservação das matas nativas de modo

a condicionar o equilíbrio ambiental (Sales et al., 2018). Nesse sentido, visando buscar um equilíbrio no manejo de florestas naturalmente degradadas no Bioma Amazônia, Siviero et al. (2020) sugerem que a colheita de espécies com sanidade e qualidade de fuste comprometido, mesmo sendo espécies nativas, tende a estimular o desenvolvimento de espécies circunvizinhas, possibilitando o desenvolvimento e crescimento vegetal das espécies sadias. Portanto, os autores apresentam que tal manejo, poderá reduzir o tempo de colheita para 10 a 12 anos, de forma, a estimular a conservação da flora local de forma ecológica e economicamente viável.

Além disso, a extração madeireira do Jatobá pode estimular sua comercialização visto as características da madeira para construção civil (Massa específica aparente: madeira densa $0,90 \text{ g.cm}^{-3}$), serraria, apícola, energético (poder calorífico do carvão vegetal: $7.445 \text{ kcal kg}^{-1}$) (de Carvalho, Miranda e dos Santos, 2005). Portanto, a exploração sustentável em áreas nativas ou por meio do cultivo *ex situ* em sistemas integrados de produção, tal como as agroflorestas biodiversos/estratificados ou silvipastoril precisam ser melhor compreendidos.

No sentido da produção de polpa e Jatobá como forma de estimular a comercialização, Costa et al. (2016), elenca os custos de produção de tais produtos na região sul de Goiás. Partindo do princípio da existência de árvores em estágio de produção de frutos, portanto, os autores estimam os custos de produção para farinha de jatobá em R\$ $54,06 \text{ kg}^{-1}$, o qual deverão ser comercializados com preço mínimo de R\$ $67,58 \text{ kg}^{-1}$, com base em pesquisa de mercado sobre preços praticados de produtos oriundos do Jatobá. Em outro cenário, os autores pressupõem a implantação de uma Agroindústria Rural de Pequeno Porte (ARPP) de forma a viabilizar a utilização dos frutos de Jatobá na produção de resinas, xaropes, farinha, seiva e casca para consumo. Analisado os requisitos para instalação e operação da ARPP, os resultados indicaram que há viabilidade para a região sul de Goiás, desde a implantação de campos de plantio de Jatobá até mesmo a Agroindústria processadora, desde que as práticas de manejo e estratégias de conservação fomentem a produção sustentável, expressando reflexos na receita bruta constante e fluxo de caixa líquido.

MORFOLOGIA, DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Com relação a morfologia dos frutos e sementes de Jatobá, é importante salientar que, existem diferenciações entre as espécies do gênero *Hymenaea* com relação ao tamanho, peso, comprimento e quantidade de sementes. Entretanto, para a espécie

Hymenaea stigonocarpa o fruto é um legume seco, indeiscente, mono ou polispérmico, alongado com ápice e base arredondada com presença de pontuações pequenas, salientes e arredondadas, apresentando linha de sutura proeminente a qual circula todo o fruto, sendo esse, de coloração variável do marrom claro ao tom escuro (quando maduro), pedúnculo de consistência lenhosa, pericarpo espesso, lenhoso e resistente (Botelho et al., 2000).

Já a semente possui formato globoso, largo oblonga, obovada, achatada com ápice e base arredondada ou levemente afinada variando com a espécie. O embrião apresenta na coloração creme, com forma semelhante a semente. O eixo embrionário apresenta-se curto, cilíndrico, ocupado quase que totalmente pelo eixo do hipocótilo-radícula, polo radicular arredondado e plúmula rudimentar (Botelho et al., 2000).

De forma natural, no processo de perpetuação da espécie a semente tem importância vital na distribuição e longevidade da espécie. No qual o processo vital do ciclo das plantas envolve a germinação das sementes, ao qual sofrem diversas modificações fisiológicas até desenvolver um novo indivíduo. Nesse sentido, Albrecht e Penagos (2012) relatam que as análises e ensaios a respeito da germinação de sementes são essências para perpetuação de espécies, nativas ou exóticas, além de auxiliar em processos como a recuperação de florestas degradadas.

Para Bewley et al. (2013), a germinação é resultante da ação de uma série de fatores bióticos e abióticos, a começar pela embebição das sementes, sinalizado a hidratação e absorção de água pelos tecidos tegumentares. Entretanto, existe uma série de fatores que podem alterar significativamente a porcentagem de germinação, destacando-os: luz, temperatura, gases, potencial hídrico, fatores químicos e bióticos, longevidade, morfologia e dormência.

Ainda, segundo o mesmo autor, o efeito da dormência no processo germinativo está relacionado a uma estratégia de perpetuação da espécie ao longo do tempo e espaço físico, sendo essa, uma via capaz de manter a perpetuação do tecido embrionário em condições ambientais não favoráveis. Nesse sentido, cabe elencar que a dormência da semente pode ocorrer mesmo em lotes provenientes do mesmo progenitor, ao qual caracteriza um processo de heteromorfismo. Além disso, a dormência pode auxiliar na distribuição das sementes e, por consequência, da espécie, em distâncias superiores ao local de origem, seja por animais, pela ação do vento ou via hídrica.

Em revisão literária é possível classificar o processo de dormência em diferentes modelos, partindo, ou não, de um grau filogenético, biogeográfico ou evolutivo resultando em um complexo sistema que classifica a dormência das sementes, conhecido como esquema de Nikolaeva (1977). Portanto, de forma breve, será apresentado abaixo, os tipos de dormência de sementes e quais os fatores que impõem a barreira à germinação das sementes.

Dormência exógena e endógena

No requisito de dormência endógena, refere-se, basicamente, a inatividade do embrião mesmo durante o processo de embebição ou não germinação em decorrência do envoltório embrionário das sementes. Segundo Bewley et al. (2013), a dormência endógena pode estar relacionada a restrição hídrica, mecânica ou inibição enzimática nos tecidos embrionários, impedindo, portanto, o processo germinativo.

De forma sistemática, a dormência exógena refere-se a uma barreira ao processo de germinação, podendo classificar como física, química ou mecânica (Baskin e Baskin, 1998), semelhante ocorre com a dormência endógena, classificando-a como fisiológica, morfológica e morfofisiológica.

No quesito de dormência fisiológica, essa ocorre por ação de hormônios, enzimas e regulações de crescimento vegetal, ao qual tem sua atividade suprimida resultando na inibição da germinação (Bewley et al., 2013). Existem algumas classificações na literatura que exploram ainda mais precisamente a dormência fisiológica, subdividindo-a em grupos e tipos (Nikolaeva, 1977; Baskin e Baskin, 2004). Entretanto, Cardoso (2009) resume que a dormência fisiológica pode estar ligada a fatores externos sendo esses relacionados, ou não, as sementes com agravante da condição ambiental a qual se encontra o material vegetal.

Já a dormência morfológica, basicamente refere-se à inatividade do embrião em resultado de um subdesenvolvimento ou não formação completa de alguns tecidos como os cotilédones, radícula e hipocótilo (Baskin e Baskin, 1998). Na literatura, é possível encontrar a ação conjunta desses dois grupos de dormência, referindo-a como dormência morfofisiológica.

Para o grupamento da dormência exógena, inicialmente, temos a imposição de barreiras físicas a impermeabilidade à água, ao qual, interferem negativamente na

germinação, sendo caracterizada como dormência física (Vivian et al., 2008). Quando a ação de inibição do processo germinativo ocorre em decorrência de moléculas químicas, como inibidores de crescimento, temos a definição de dormência química (Nikolaeva, 1985). Por fim, a incapacidade da germinação por ocasião de uma barreira rígida, por ocasião da lignificação de tecidos dos frutos indeiscentes, temos a ocorrência da dormência mecânica (Nikolaeva, 1999).

Conforme visto, algumas características morfológicas fazem com que as sementes de Jatobá apresentem dormência, principalmente, do tipo mecânica. De acordo com Paixão et al. (2019) as sementes de *H. courbaril* devido a espessura do tegumento, apresentam dormência ao qual deverá ser superada, por meios antrópicos, ao qual permitam a embebição da semente e ocorrência do processo germinativo. Dessa forma, para propagação da espécie e, conseqüente, produção de mudas algumas metodologias deverão ser aplicadas para superar a impermeabilidade tegumentar e possibilitar a absorção de água pelos tecidos embrionários presentes na semente, visando proporcionar maiores taxas de germinação da semente.

Nesse sentido, Regnier (2020) avaliou o efeito da colheita precoce, escarificação e pré-embebição na superação da dormência e posterior germinação das sementes de *H. courbaril*. Como resultado, o autor não observou influência negativa entre a escarificação mecânica, pré-embebição ou a combinação de ambos. Além disso, a utilização de sementes provenientes de frutos verdes da copa apresentou taxas germinativas semelhantes ao de frutos maduros, o qual, pode ser aplicável em produção comercial de mudas.

Em nosso grupo de pesquisa “Grupo de Estudos em Ecofisiologia de Plantas - GEEP”, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), o método adotado para superação de dormência da espécie é a escarificação mecânica com lixa, fazendo uma pequena exposição do embrião, e posteriormente realizamos a pré-embebição por imersão em recipiente com água por 24 horas (Figura 3). Após esse procedimento realizamos a semeadura em tubetes de polipropileno de 290 cm³ previamente preenchidos com substrato comercial ou alguma combinação de solo com areia ou resíduo orgânico na proporção 3:1 (v/v) (Figura 4).



Figura 3. Escarificação (A) e pré-embebição por imersão em água (B) de sementes de *Hymenaea courbaril* L. Fonte: Vicenzi Júnior, S.



Figura 4. Mudas de *Hymenaea courbaril* L. Fonte: Santos, C. C.

Guariz et al. (2021) investigaram o potencial germinativo de *H. courbaril* em diferentes estágios de maturação com o objetivo de otimizar a produção de mudas comerciais de jatobá. No presente trabalho, os autores utilizaram sementes provenientes de frutos em três diferentes estágios de maturação, sendo: frutos maduros coletados no solo, frutos maduros coletados na matriz e frutos verdes coletados na matriz.

Portanto, realizado o processo de separação das sementes e/ou escarificação das sementes, foi realizada a semeadura em caixas de acrílico (1,00 m x 1,00 m x 0,60 m) contendo areia sendo acondicionadas em viveiro. Dessa forma foram avaliados a

porcentagem de emergência, tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência, velocidade média e parâmetros morfológicos das plantas. Com relação aos resultados obtidos, os autores observaram que se tratando de porcentagem de emergência, os maiores valores ocorreram quando os frutos foram colhidos maduros na planta matriz, independente da ação da escarificação. Entretanto, também é observado comportamento semelhante para sementes não escarificadas provenientes de frutos verdes, onde as porcentagens de emergência estão acima de ordem de 70%. Os autores associam ainda, que a escarificação mecânica das sementes permitiu o fluxo de entrada de água e oxigênio, além de contribuir na ativação enzimática, possibilitando o início do processo germinativo. Sobre o comportamento do índice de velocidade de emergência, os maiores valores foram encontrados em sementes provenientes de frutos maduros colhidos diretamente da matriz e em sementes provenientes de frutos verdes, ambas não escarificadas, não apresentando diferença significativa entre eles. Os autores correlatam ainda que, maiores valores desse índice podem estar relacionados diretamente com o maior vigor das sementes.

Ainda com relação ao tempo médio de emergência, foi observado que sementes maduras colhidos da matriz apresentaram emergência mais lenta do que as sementes em outros estágios de maturação, apresentando maiores valores desse índice.

Ao final, os autores realizaram a mensuração das características morfológicas das plantas obtidas após a germinação dos respectivos tratamentos. Portanto, os resultados indicaram que as plantas que foram obtidas de sementes com frutos maduros e frutos verdes apresentaram maiores valores de comprimento de raiz. Por outro lado, sementes de frutos maduros recolhidos do solo originaram indivíduos com maior valor de área foliar, sendo que indivíduos provenientes de sementes de fruto verde apresentaram valores nulos ou baixos, em virtude do desenvolvimento foliar iniciar apresentar-se lento. Dessa forma, os autores correlatam que o comportamento de frutos verdes apresentarem maiores valores de comprimento de raiz e baixo desenvolvimento foliar pode estar relacionado com o comportamento de enzimas alfa amilase e aos níveis de giberelina, porém a determinação dessas concentrações não foram verificadas. Por fim, foi observado que sementes provenientes de frutos maduros recolhidos do solo apresentaram maiores valores da altura da parte aérea.

Por fim, os autores concluem que por facilitar o procedimento dentro de um viveiro de produção de mudas além de otimizar a mão de obra, os resultados indicam que

sementes verdes podem ser utilizadas na produção de mudas comerciais, apesar do desenvolvimento inicial lento. Da mesma forma que, as sementes de frutos maduros colhidos das matrizes sendo necessário, para esse caso, o uso da escarificação mecânica para estimular a superação da dormência.

Em ensaio recente, Smiderle e Souza (2022) avaliaram o efeito da escarificação mecânica e associação a diferentes doses de Acadian®, Stimulate® e *Trichoderma* spp. como via para promover a emergência e o vigor de mudas de *H. courbaril*. Com relação aos resultados obtidos, os autores observaram que Acadian® na concentração de 5,0 e 10 mL L⁻¹ associado a escarificação mecânica, ocasionou um aumento de até 12% na emergência de plântulas, comparado com o tratamento testemunha (ausente do biorregulador). Contudo, a ausência da escarificação sob a mesma concentração do biorregulador, ocasionou a diminuição em 34% na emergência de plântulas. Além disso, a presença de Acadian®, sem escarificação, na dose de 10 mL L⁻¹, apresentou-se com uma alternativa viável para obtenção de um índice de até 33% na emergência de plântulas.

Com relação ao uso do Stimulate®, a concentração de 10 e 15 mL L⁻¹ ocasionou uma emergência de 90% das plântulas, quando utilizado a escarificação mecânica. Em última comparação, os menores valores de taxa de emergência de plântulas foram obtidos quando se utilizou o *Trichoderma* spp. na dose de 5,0 mL L⁻¹, associado a escarificação, apresentando 75% de percentual de emergência. Portanto, os autores concluem que a escarificação mecânica associada ao uso de biorreguladores vegetais possibilita a superação da dormência otimizando a produção de mudas de Jatobá.

Na literatura, ainda, existem ensaios correlacionando o efeito de fitohormônios/reguladores de crescimento na superação de dormência de sementes de Jatobá, como o elaborado por Lima Neto et al. (2017). No citado estudo, os autores objetivaram avaliar o efeito da citocininas e a escarificação em meio de superar a dormência de *H. stigonocarpa*. As sementes embebidas em solução contendo citocininas por 15 minutos, com prévia escarificação mecânica, apresentaram predominância de maiores taxas de germinação comparando com as sementes escarificadas e imersas em citocininas durante trinta minutos.

Outros relatos na literatura são conhecidos a respeito da forma de quebra de dormência das sementes de Jatobá, indo além da escarificação mecânica. No qual, Souza e Segato (2016) recomenda a imersão em ácido sulfúrico por um período não superior a

vinte minutos como via de estimular a abertura de poros nos tecidos tegumentares externos da semente para entrada de água e ar, sendo favorável a germinação.

Além disso, estudos a respeito da forma de conservação de sementes e a viabilidade do material são importantes de modo a otimizar o tempo de plantio e estimular a produção comercial. Nesse sentido, existe uma classificação a qual foi amplamente aceita pela comunidade científica a respeito do comportamento do material perante ao armazenamento. No qual, Robert (1973) dividiu em dois grupos distintos. O primeiro diz a respeito das sementes dita como ortodoxas, ao qual se matem viáveis após dessecação com até 5% de umidade restante, podendo ser armazenada sob baixas temperaturas durante longos períodos de tempo. Já o segundo, refere-se as sementes recalcitrantes, sendo essas sensíveis a dessecação, ao qual não sobrevivem com baixos níveis de umidade, o que dificulta o manejo de armazenamento e conservação desse material.

Dado esse contexto, de Carvalho, da Silva e Davide (2006) objetivaram avaliar o comportamento de sementes de espécies florestais quanto a resposta ao armazenamento e classifica-la perante a metodologia proposta por Robert (1973). Dentre as 39 espécies florestais estudadas, *H. courbaril* foi classificada como nativa ortodoxa, sendo que seu armazenamento pode ser realizado em temperaturas de 5° a -18°C em baixa umidade, podendo estar condicionadas em recipientes impermeáveis com durabilidade média de até 30 dias.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE JATOBAZEIRO

A etapa de produção de mudas é uma das etapas de maior importância na viveiricultura e em projetos de recomposição de áreas degradadas, sistemas integrados e/ou enriquecimento de áreas naturais. O jatobazeiro é uma espécie de diversidade quanto aos grupos funcionais (Barbosa et al., 2017), sendo encontrada em áreas bem drenadas e próximas a cursos d'água, indicando ser uma especial com potencial de plasticidade e resiliência ecológica. No entanto, na literatura são insuficientes às informações ecofisiológicas e de crescimento em função dos fatores abióticos.

Em trabalho de Santos et al. (2023) foi avaliado o efeito de doses de ácido salicílico (AS): 0, 100, 200 e 400 mg L⁻¹ via foliar em mudas de *H. courbaril* sob dois regimes hídricos: controle (não alagado) e alagado, ambos durante 30 dias (Figura 5). Os autores observaram

que o alagamento prejudicou as trocas gasosas das mudas, especialmente a taxa fotossintética e a eficiência instantânea de carboxilação da Rubisco em função das limitações estomáticas e não estomáticas sobre o aparato fotossintético. Foi observado que a aplicação exógena de AS não aliviou o efeito estressante da condição de alagamento, mas estimulou o crescimento em área foliar, comprimento radicular e do índice de qualidade de Dickson, independente dos regimes hídricos. Além disso, os autores descrevem que embora a espécie seja sensível ao alagamento por apresentação redução das trocas gasosas, as mudas apresentaram 100% de sobrevivência, sugerindo potencial de plasticidade fenotípica e resiliência ecológica. Em geral, as mudas de *H. courbaril* foram mais responsivas a aplicação do AS do que aos regimes hídricos, uma vez que comparando cada dose nos dois regimes hídricos, o padrão visual foi semelhante.

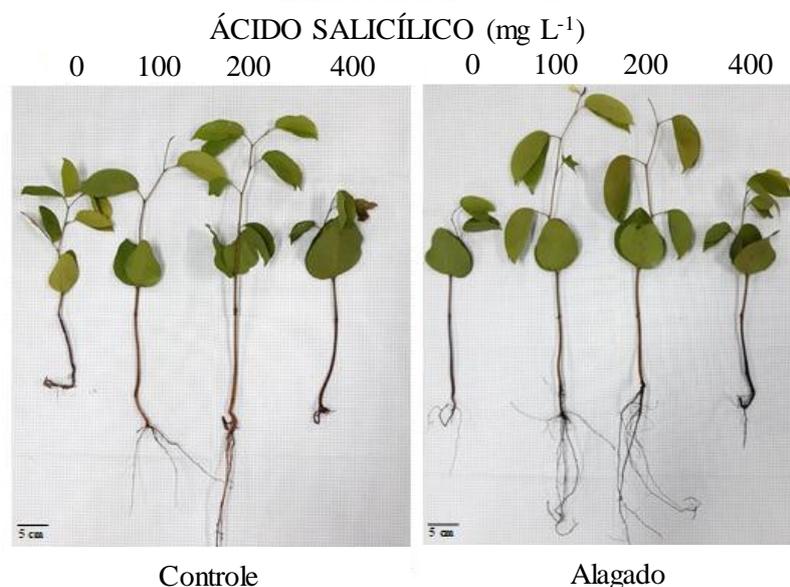


Figura 5. Aspecto visual de mudas de *Hymenaea courbaril* L. submetidas a dois regimes hídricos (controle - não alagado e alagado) e aplicação foliar de doses de ácido salicílico. Fonte: Adaptado de Santos et al. (2023).

Outro aspecto importante no crescimento das mudas é a condição nutricional. Nesse sentido, Nascimento et al. (2014) avaliaram o efeito da supressão de N, P e K em mudas de *H. courbaril* em comparação as mudas cultivadas em solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon. Decorridos 100 dias de cultivo, os autores observaram que exceto para as mudas cultivadas em -K, a omissão de N e P afetou negativamente a taxa fotossintética, eficiência da carboxilação da Rubisco e do conteúdo de prolina na raiz, indicando que as

mudas de *H. courbaril* são responsivas a esses nutrientes, por participarem de maneira primordial no metabolismo foliar. Ademais, o nutriente mais limitante para as mudas é o N, e a ordem de exigência nutricional em ordem decrescente foi N>P>K.

Na linha da nutrição de plantas por meio de substratos alternativos, Rocha et al. (2017) aplicaram doses de resíduo líquido da suinocultura (0, 10, 20, 30, 40 e 50 mL) sobre o substrato de cultivo, e 15 dias após realizou-se a semeadura. Decorridos 70 dias, os autores observaram que a aplicação de 10 mL de resíduo contribuiu na promoção de maior índice de qualidade de Dickson das mudas de *Hymenaea courbaril* L., mas as doses não influenciaram outras características avaliadas. Por outro lado, Carvalho et al. (2022) verificaram que a adubação fosfatada não contribuiu no crescimento e qualidade das mudas, mas que a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares *Rhizoglyphus clarum* e MIX (mistura de *Clareoideoglyphus etunicatum*, *Rhizoglyphus heterosporum* e *Rhizoglyphus clarum*) contribuiu em mudas com maiores características de crescimento e produção de biomassa. Além disso, a dependência e a eficiência micorrízica foi afetada pela adubação fosfatada, evidenciando que o jatobazeiro é uma espécie de associação micorrízica facultativa.

Na produção de mudas, dentre os fatores que podem influenciar pode citar a disponibilidade hídrica no substrato e o recipiente utilizado, limitando o crescimento das mudas. Nesse sentido, mudas de *H. courbaril* foram produzidas em recipientes com dois volumes de substrato: 3,1 e 4,0 L, e cinco lâminas de irrigação baseada na evapotranspiração potencial (ETp): 20, 40, 60, 80 e 100%, via gotejamento diariamente (Silva et al., 2016). Os autores observaram que o recipiente de 4,0 L e lâminas de 90% a 100% da ETp proporcionaram mudas com maior crescimento e qualidade, indicando que a baixa disponibilidade hídrica afeta negativamente as respostas morfofisiológicas dessa espécie.

Considerando essas informações e as mudanças climáticas globais estudos com o intuito de aliviar o efeito estressante do déficit hídrico, Reis (2022) acondicionou as mudas de *H. courbaril* sob quatro níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 70%) e suspendeu a irrigação até que as mudas de algum dos tratamentos atingissem valores de fotossíntese próximo a zero - F0), fato que ocorreu primeiro nas mudas sob pleno sol, enquanto que aquelas sob 30% e 50% demoraram para apresentar F0 e levaram 3 e 5 dias para recuperação o metabolismo fotossintético sem causar danos irreversíveis aos centros de reação do fotossistema II após a retomada da irrigação. O uso do sombreamento nas mudas

sob déficit alivia o efeito da exposição a alta temperatura e evapotranspiração em comparação as mudas sob pleno sol. Portanto, o uso de tela de sombreamento é uma prática promissora nessa fase de crescimento inicial e a restrição hídrica associada ao cultivo sem sombreamento (0%, pleno sol) não deve ser adotado no cultivo ou transplante de mudas de *H. courbaril*. Além disso, pode-se sugerir que a inserção das mudas de *H. courbaril* próxima ou sob copas de outras árvores em áreas sujeitas a estiagens prolongadas pode favorecer o potencial de sobrevivência e resiliência ecológica.

Ainda com o propósito de conhecer as respostas ecofisiológicas do jatobazeiro sob restrição hídrica e o potencial da aplicação foliar de silicato de potássio (K_2SiO_3) na mitigação dessa condição adversa sobre o aparato fotossintético, Reis (2022) realizou a aplicação de cinco doses de K_2SiO_3 : 0,0; 3,0; 6,0; 9,0; e 12,0 mL L⁻¹, e posteriormente foram submetidas a dois regimes hídricos: I: irrigação diária e E: estressada devido a suspensão da irrigação. Observou-se que a aplicação de K_2SiO_3 na dose próxima de 6,00 mL L⁻¹ aliviou o efeito estressante do déficit hídrico sobre o metabolismo fotossintético e antioxidante das mudas, além de contribuir na recuperação morfofisiológica mais eficiência no pós-estresse.

Diante dessas informações o que notamos é que a espécie é sensível ao estresse hídrico por seca e alagamento e ao excesso de luz, mas é capaz de ajustar por meio de mecanismos de plasticidade fisiológica, o que confere resiliência ecológica. No entanto, o uso de elementos benéficos, efeitos sinérgicos entre fatores abióticos e aplicação foliar de elicitores contribuir na indução da tolerância das mudas de *Hymenaea* spp., favorecendo seu crescimento. Além disso, é uma espécie responsiva a fertilizantes de origem orgânica ou mineral, mas são necessários mais estudos visando o cultivo *ex situ* e a exploração sustentável da espécie.

CONCLUSÕES

Diversas são as espécies que compõem o gênero *Hymenaea* spp. sendo que seus indivíduos são de natureza arbórea nativa da América do Sul, com amplo potencial de uso para variadas finalidades, tais como madeira, medicina, alimentação, entre outros.

Em termos de distribuição geográfica, o jatobá é encontrado em diversos ambientes, desde florestas úmidas até regiões semi-áridas. Entretanto, apesar de sua ampla

distribuição nas diversas fitofisionomias brasileiras, a produção comercial de mudas tem sofrido alguns entraves, sendo eles correlacionados com a dormência das sementes e a dificuldade na obtenção de substratos ideais associados ao uso de insumos agrícolas.

Dessa forma, com base nos estudos citados, uma alternativa à produção em larga escala está associada ao uso de técnicas de tratamento pré-germinativo, como a escarificação mecânica e ácida, e a aplicação de reguladores de crescimento. Contudo, a produção de mudas de jatobá também pode ser afetada por fatores como o clima, o solo e a nutrição. Além disso, é importante levar em consideração as diferentes variedades de jatobá, cada uma delas pode ter diferentes exigências edafoclimáticas.

No geral, a produção comercial de mudas de jatobá pode ser desafiadora devido aos fatores mencionados, mas ainda assim existe um grande potencial para o uso da espécie e sua produção comercial. A pesquisa e o desenvolvimento de técnicas de produção de mudas de jatobá devem ser continuados para melhorar a eficiência e a qualidade das mudas produzidas

REFERÊNCIAS

- AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of Jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Biota Neotropica*, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032002000100008>
- ALBRECHT, Matthew A; PENAGOS, Juan Carlos. Seed germination ecology of three imperiled plants of rock outcrops in the southeastern United States. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 139, n. 1, p. 86-95, 2012.
- ALMEIDA, Mariana. Barros et al. Descrição morfológica do fruto e semente do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista Semiárido De Visu*, v. 1, n. 2, p. 107-115, 2011. <http://dx.doi.org/10.31416/rsdv.v1i2.200>
- ALMEIDA, S. P. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, pp. 247-285. 1998
- BAPTISTA-MARIA, Vivian Ribeiro et al. Composição florística de florestas estacionais ribeirinhas no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta botânica brasileira*, v. 23, n. 2, p. 535-548, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000200025>

BARBOSA, Luiz Mauro et al. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo / Luiz Mauro Barbosa - São Paulo: Instituto de Botânica, 2017. 344 p.

BARROSO, Graziela Maciel et al. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.

BASKIN, Jerry M. et al. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of Senna (Fabaceae). Seed Science Research, v. 8, n. 4, p. 501-512, 1998.

BASKIN, Jerry M.; BASKIN, Carol. C. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. Seed conservation: turning science into practice'. (Eds RD Smith, JB Dickie, SH Linington, HW Pritchard, RJ Probert), p. 517-544, 2004

BEWLEY, J. Derek; Bradford, Kent J.; Hilhorst, Henk W.M.; Nonogaki, Hiro. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. New York: Springer-Verlag, 2013. 392 p.

BOTELHO, Soraya Alvarenga et al. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) - Fabaceae. - (morphological aspects of fruits, seeds and seedlings of the jatobá- do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) - FABACEAE). Revista Brasileira de Sementes, v, 22, n. 1, p. 144-152, 2000. <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p144-152>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. MMA. Instrução Normativa nº 1, de 13 de fevereiro 2015. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 13 fev. 2015. n. 31, Seção 1, 67p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. MMA. Lei Nº 12.651, de 28 de maio de 2012. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 28 mai. 2012. 1p.

CARDOSO, Vitor José Mendes. Conceito e classificação da dormência em sementes. Oecologia Brasiliensis, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009.

CARTAXO, Sarahbelle Leite; SOUZA, Marta Maria de Almeida; de ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. Journal of Ethnopharmacology. V.131, p. 326-342. 2010.

CARVALHO, Luiz Guilherme Vieira et al. Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 44, n. 2, e-006, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022006>

CARVALHO, Vanessa de Carvalho Nilo Bitu et al. Ethnopharmacological study of plants sold for therapeutic purposes in public markets in Northeast Brazil. Journal of

Ethnopharmacology. v. 172, p. 265-272. 2015.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.06.022>

CIPRIANO, Josângela et al. O gênero *Hymenaeae* e suas espécies mais importantes do ponto de vista econômico e medicinal para o Brasil. Caderno de Pesquisa, série Biologia, v. 26, n. 2, p. 41-51, 2014.

COSTA, Camila Brás et al. Análise de viabilidade da produção de semente e polpa de Jatobá (*Hymenaea* spp.) na região sul de goiás. Ciência Florestal, v. 26, n. 3, p. 1023-1036, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509824231>

DA SILVA, Cintia Pereira et al. Identification and action of phenolic compounds of Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) on α -amylase and α -glucosidase activities and flour effect on glycemic response and nutritional quality of breads. Food Research International. v. 116, p. 1076-1083. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.05>

De CARVALHO, Leticia Renata; DA SILVA, Edvaldo Aparecido Amaral; DAVIDE, Antonio Claudio. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200003>

De CARVALHO, Plauto Simão; MIRANDA, Sabrina Couto; dos SANTOS, Mirley Luciene. Germinação e dados biométricos de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (LEGUMINOSAE- CAUSALPINOIDEAE) - Jatobá-do-Cerrado. Revista Anhanguera, v. 6, p. 101-121, 2005.

De MELO, Maria da Glória Gonçalves; de MENDONÇA, Maria Sílvia; MENDES, Ângela Maria da Silva. Morphological analysis of seeds, germination, and seedlings of jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-caesalpinioideae). Acta Amazonica, v. 34, n. 1, p. 9-14. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100002>

DIAS NETO, Olavo Custódio et al. Estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em fragmento de floresta estacional semidecidual, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia, v. 60, n. 4, p. 1087-1100, 2009.

DUARTE, Manuela Mendes et al. Morphological characterization of fruit, seed and seedling and germination of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) (Jatobá). Journal of Seed Science, v. 38, n. 3, p. 204-211, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n3159734>

EKOR, Martins. The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in Pharmacology. v. 4, p. 10. 2014. <http://dx.doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>

FILARDI, Fabiana L. Ranzato et al. Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia*, v. 69, n. 4, p. 1513-1527, 2018. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869402>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Rome, FAO. 239 p. 2019

GAIA, José Américo de Souza et al. Modelagem e distribuição potencial de espécies arbóreas relevantes para a dinâmica sociocultural e ecológica do parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. *Sociedade e Natureza*, v. 23, p. 832-846, 2020. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v32-2020-51103>

GOMES, Ana Paula Souza; RODAL, Maria Jesus Nogueira; de MELO, André Laurênio. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. *Acta botânica*, v. 20, n. 1, p. 37-48, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100005>.

GUARIZ, Hugo Roldi et al. Germination potential of *Hymenaea courbaril* L. in different maturation stages. *Semina: Ciências Agrária*, v. 42, n. 6, p. 3667-3684, 2021. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6Supl2p3667>

LEITE, Edson J. State-of-knowledge on *Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee and lang. (Leguminosae: Caesalpinioideae) for genetic Conservation Brasil. *Research Journal of Forestry*, v. 1, n. 1, p. 1-26, 2007.

Lima Neto, Aparecido Gonçalves de.; Neto, Leonildo Orlandi; Costa, Luiz Henrique de Carvalho; Florio, Victor Hugo da Silva; Souza, Lilian Christian Domingues de. Influência da aplicação de citocinina e escarificação manual na quebra de dormência de sementes de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*). *Revista Conexão Eletrônica*, v. 14, n. 1, p. 555-563, 2017

LIMA, Ana Lúcia da Silva; ZANELLA, Fábio e Castro; LEY, Daiana Marins de. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Acta Amazonica*, v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100006>.

MANS, Denis R.; Beerens, Tobie; Magali, L.; Soekhoe, R. C.; Schoone, G. J.; Oedairadjsingh, K; Hasrat J. A.; van den Bogaart, Esther; Schallig, Henk. *In vitro* evaluation of traditionally used Surinamese medicinal plants for their potential anti-leishmanial efficacy. *Journal of Ethnopharmacology*. v. 180, p. 70-77, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.01.012>

MARIN, Aline Martins Ferreira. Potencial nutritivo de frutos do cerrado: composição em minerais e componentes não-convencionais. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

MARQUES, Vivian; FARAH, Adriana. Chlorogenic acids and related compounds in medicinal plants and infusions. *Food Chemistry*. v. 113, p. 1370-1376, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.086>

MARTINS, Bruno de Andrade. Avaliação físico-química de frutos do cerrado in natura e processados para elaboração de multimisturas. 2006. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Goiás.

MATUDA, Tatiana Guinoza; MARIA NETTO, Flavia. Caracterização química parcial da semente de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). *Food Science and Technology*. v. 25, n. 2, p. 353-357, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000200029>

MIRANDA, A.R.; Castro, C.F.S.; SILVÉRIO, M.D.O. Avaliação da atividade antioxidante e inibição da tirosinase do extrato das folhas do jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 16, n. 3, p. 693-699, 2014. https://doi.org/10.1590/1983-084x/12_035

MORS, Walter B; RIZZINI, Carlos Toledo; PEREIRA, Nuno Alvares; DEFILIPPS, Robert A. *Medicinal plants of Brazil*. Michigan: Reference Publications, 2000. 501 p.

NASCIMENTO, Hugo Henrique Costa et al. Análise do crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. *Revista Árvore*, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000400005>

NASCIMENTO, Hugo Henrique Costa et al. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 103, p. 315-328, 2014.

NIKOLAEVA, Marianna Georgievna et al. *Biology of seeds*. St. Petersburg: Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, 1999.

NIKOLAEVA, Marianna Georgievna et al. Reference book on dormant seed germination. *Izd-vo" Nauka, " Leningradskoe otd-nie*, 1985.

NIKOLAEVA, Marianna Georgievna. Factors controlling the seed dormancy pattern. *Physiology and Biochemistry of Seed dormancy and Germination*, 1977, p. 51-74.

PAIXÃO, Marcos Vinicius Sandoval et al. Germinação e dormência em sementes de jatobá. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 6, n. 6, p. 454-457, 2019. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.6.45>

PEREIRA JÚNIOR, Lécio Resende et al. Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 4, p. 509-250, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.024212>

PINTO, R. B.; TOZZI, A. M. G. A.; MANSANO, V. F. *Hymenaea* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22972>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

REGNIER, Leonardo. Evaluation of Harvesting and Seed Dormancy Overcoming Techniques in *Hymenaea courbaril* Germination. *Journal of Horticulture and Plant Research*, v. 9. p. 18-29, 2020. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/JHPR.9.18>

REIS, Lucas Coutinho. Sombreamento e aplicação de silício em mudas de *Hymenaea courbaril* L. sob déficit hídrico e seu potencial de recuperação. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados. 2022.

RIBEIRO, Olívia Domingues et al. *Hymenaea parvifolia* Huber: dormancy breaking, morphology of fruit, seed and seedling. *Revista Ceres*, v. 68, n. 2, pp. 105-114, 2021. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202168020003>

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, Zürich, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

ROCHA, Willian de Oliveira et al. Desenvolvimento de mudas de *Hymenaea courbaril* L. com aplicação de doses de resíduo de suinocultura. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 15, n. 2, p. 101-107, 2014.

SALES, Agust; Siviero, Marco Antonio; Pereira, Paulo Cezar Gomes; Vieira, Sabrina Benmuyal; Berberian, Ghaby Alves; Miranda, Bárbara Maia. Estimation of the commercial height of trees with laser meter: a viable alternative for forest management in the Brazilian Amazon. *Ecology and Evolution*. v. 10, n. 1. p. 1-6, 2018.

SANTOS, Cleberton Correia et al. Salicylic acid on gas exchange and growth of *Hymenaea courbaril* L. seedlings under flooding. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, n. 5, p. 327-334, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p327-334>

SILVA, Carlos Antônio et al. Development of *Hymenaea courbaril* seedlings in function of containers and irrigation blades. *Revista Árvore*, v. 40, n. 3, p. 487-498, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000300012>

SILVA, Dijalma Barbosa; SILVA, José Antônio; JUNQUEIRA, Nilton Tadeu Vilela; ANDRADE, Leide Rovênia Miranda. *Frutas do Cerrado*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológico. 2001. 179 p.

SILVA, Mara Reis et al. Utilização da farinha de Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por teste sensoriais afetivos univariados e multivariados. *Food Science and Technology*, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000100007>

SILVA, Susana Maria Melo et al. Parâmetros genéticos para a conservação de *Hymenaea courbaril* na amazônia sul-ocidental. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 1, p. 87-95, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813326>.

SIVIERO, Marco Antonio et al. Manejo de florestas naturais degradadas na Amazônia: estudo de caso sobre critérios de colheita. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 1, p. 43-59, 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509825856>

SMIDERLE, Oscar José; SOUZA, Aline das Graças. Scarification and doses of Acadian[®], Stimulate[®] and *Trichoderma* spp. promote dormancy overcoming in *Hymenaea courbaril* L. seeds?. *Journal of Seed Science*. v. 44, e202244009, 2022. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44250043>

SOUZA, Caroline Damasceno; da SILVA, Fernando Eduardo Borges; DINIZ, Marco Túlio Mendonça. Unidades de paisagem das planícies costeiras do litoral oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste - Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 1, p. 443-465, 2023.

SOUZA, Isys Mascarenhas; FUNCH, Ligia Silveira; QUEIROZ, Luciano Paganucci. Flora da Bahia: Leguminosae - *Hymenaea* (Caesalpinioideae: Detarieae). *Sitientibus série Ciências Biológicas*, v. 16, e1092, 2016.

SOUZA, Victor Marques dos Santos; SEGATO, Silvelena Vanzolini. Superação de dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Nucleus*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2016. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1616>

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2. Ed. 2006. 113 p.

VIEIRA, Dielson S; Peixoto, Rodolfo M.; Costa, Mateus M.; Freire, Davi P.; Silva, Telma Maria G.; Silva, Tania Maria S. Atividade antimicrobiana *in vitro* do extrato etanólico bruto da folha da *Hymenaea martiana* Hayne frente às *Staphylococcus* spp. e avaliação de seu potencial como desinfetante em cabras. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. v. 38, n. 3, p. 462-469. 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4547>

VIVIAN, Rafael; Silva Antonio Alberto; Fagan, Evandro Binotto; Correa, Simone Toni Ruiz; Labonia, Victor Domiciano de Silos. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. *Planta daninha*, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

Estudo fitoquímico da *Melochia tomentosa* L. (Malvaceae)

Autores:

Eliercio Fernandes Campos Soares

Bacharel em Química da Universidade Federal da Paraíba, Areia

Luciana Martins Fernando

Graduanda em Bacharelado em Química da Universidade Federal da Paraíba, Areia

Amanda Sabrina Campos Soares

Graduanda em Bacharelado em Química da Universidade Federal da Paraíba, Areia

Angeliana de Azevedo Lima

Graduanda de Licenciatura em Química da Universidade Federal da Paraíba, Areia

Yanna Carolina Ferreira Teles

Doutora em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos, professora da Universidade Federal da Paraíba, Areia

DOI: 10.58203/Licuri.20108

Como citar este capítulo:

SOARES, Eliercio Fernandes Campos et al. Estudo fitoquímico da *Melochia tomentosa* L. (Malvaceae). In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 128-139.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

As Plantas da família Malvaceae vem sendo utilizadas pela humanidade desde os primórdios das civilizações para os mais diversos fins. A *Melochia tomentosa* L. é uma Malvaceae que possui atividades antioxidantes e um grande número de alcaloides em sua composição, entretanto, existem poucos estudos sobre a composição química da espécie. Diante disso, este estudo teve por objetivo realizar análises fitoquímicas da espécie *Melochia tomentosa* L. A coleta de amostras vegetais da espécie em estudo foi realizada no município de Jataúba - PE. Para as extrações via Soxhlet foram utilizados os solventes hexano, acetato de etila e metanol. O óleo essencial das flores de *M. tomentosa* foi extraído por hidrodestilação. Testes preliminares de triagem fitoquímica evidenciaram a presença de flavonoides, alcaloides, esteroides, taninos e cumarinas nos extratos hexânico, acetato de etila e metanólico. Análises por CG-MS do óleo essencial das flores de *M. tomentosa* identificaram a presença do trans-sabineno hidratado em sua composição, o que pode indicar atividades biológicas ainda desconhecidas. A identificação do trans-sabineno hidratado no óleo essencial das flores da *Melochia tomentosa* L., assim como a comprovação da existência de diversas classes de metabólitos secundários em seus extratos são de grande contribuição para o conhecimento químico da espécie estudada.

Palavras-chave: Óleo essencial. Trans-sabineno hidratado. Metabólitos secundários.

INTRODUÇÃO

A química de produtos naturais é uma importante área da ciência que estuda os metabólitos primários e secundários, tais como suas funções em um organismo e suas possíveis aplicações farmacológicas. As plantas produzem uma enorme quantidade de metabólitos que variam de espécie para espécie, o que possibilita uma constante descoberta de novas estruturas químicas (SHEN e HAO, 2020).

As plantas medicinais possuem um papel importante na história da humanidade e suas civilizações. Os saberes tradicionais passam de geração em geração, e assim surge a etnobotânica que usa conhecimentos populares sobre plantas como indício de um possível potencial farmacológico de espécies vegetais. A descoberta de novas substâncias de origem vegetal com possível função terapêutica é o passo inicial para o desenvolvimento de novos fármacos (ALBUQUERQUE, 2022; FERNANDES *et al*, 2020).

Dentre as diversas classes de substâncias produzidas pelos vegetais, uma classe se destaca, os óleos essenciais. Este fato se deve à sua característica de volatilidade e ao seu papel biológico de atração de polinizadores e repulsão de predadores. Também conhecidos como óleos voláteis, óleos etéreos ou essências, os óleos essenciais são uma mistura de substâncias em sua maior parte terpenos, extraídos de plantas por destilação de arraste em vapor de água. Diferentemente dos óleos fixos que são extraídos principalmente de sementes e possuem ponto de ebulição elevado, os óleos essenciais são extraídos de folhas e flores e são extremamente voláteis, podendo ser utilizados para diversos fins, desde a aplicação em terapias alternativas até a produção de perfumes (SIMÕES *et al*, 2017; BAŞER e BUCHBAUER, 2010).

Os primeiros registros de utilização de malváceas pelo homem datam das primeiras civilizações e ainda hoje são empregadas nos mais diversos fins, desde aplicações medicinais à ornamentação (FRYXELL, 1997; MEIRA-NETO e ALMEIDA, 2015; GBIF Secretariat, 2022).

O gênero *Melochia* é um membro da subfamília Byttnerioideae Burnett que pertence à família Malvaceae. Esse gênero é composto por 91 espécies, sendo 24 delas encontradas no Brasil (ALVES, 2010). São relatadas na literatura espécies de *Melochia* com grande concentração de alcaloides dentre os seus metabólitos secundários, como é o caso da *Melochia odorata* e da *Melochia chamaedrys*. Mesmo sendo pouco estudadas se tem

registros da utilização dessas plantas na medicina popular para amenizar inflamação de garganta e como cura para o inchaço abdominal, disenteria e picada de cobra (EMILE *et al*, 2007; DIAS, 2006).

A *Melochia tomentosa* L. conhecida popularmente como malva rosa ou malva roxa, é uma espécie de malvácea encontrada em algumas regiões da América do Sul e por toda a América Central (SILVA, 2020; ALVES, 2010). Assim como outras espécies do mesmo gênero, a *Melochia tomentosa* também é rica em alcaloides, o que revela um possível potencial farmacológico desta espécie (KAPADIA e SHUKLA, 1993; KAPADIA *et al*, 1978).

Ainda assim, a *Melochia tomentosa* L. é uma espécie pouco estudada quanto a sua composição química e não há registros sobre a composição do seu óleo essencial e suas propriedades. Deste modo, diante do apresentado, o presente estudo buscou contribuir com o conhecimento da composição química dos extratos e do seu óleo essencial.

METODOLOGIA

Foram coletados aproximadamente 7,5 Kg de amostra vegetal, consistindo em flores e folhas de *Melochia tomentosa* no município de Jataúba - PE. A coleta foi realizada no dia 6 de agosto de 2022, entre das 5 às 6 horas da manhã.



Figura 1. *Melochia tomentosa* L. em local de coleta. **Fonte:** Os autores, 2022.

Em seguida foi separada aproximadamente 0,5 Kg da amostra vegetal (flores e folhas), sendo esta parte submetida imediatamente a refrigeração, para posteriormente ser usada na extração de óleo essencial. Para o transporte foi utilizada uma caixa de isopor.

Também foram coletadas plantas inteiras para fins de identificação de espécie. Assim, foi preparada uma exsicata a qual foi identificada pelo Prof. Leonardo Pereira Felix e armazenada no herbário no Jayme Coêlho de Moraes no Campus II da Universidade Federal da Paraíba. A pesquisa foi cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado - Sisgen, sob código AE1E834.

Extração do óleo essencial

Para a extração do óleo essencial foram separadas 15 g de flores da amostra vegetal fresca, a qual foi submetida a hidrodestilação por duas horas em um aparelho de Clevenger.

Após a extração, o óleo essencial foi mantido sob refrigeração em um freezer, até ser preparado para análises posteriores e foi levado para o Laboratório de Caracterização e Análise do Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos da Universidade Federal da Paraíba, para análise em cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-MS).

Para a separação e identificação de substâncias da amostra foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas do modelo GCMS-QP2010 Ultra da marca Shimadzu, com uma coluna da marca RTX-5MS capilar, com 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. Todo o procedimento de CG-MS teve duração de 25 minutos com sistema de injeção a 280 °C e coluna a 40 °C.

Preparação dos extratos

Foram separados cerca de 7 Kg de amostra vegetal (flores e folhas) que na sequência submetido a secagem em estufa a 60°C, triturados em moinho elétrico obtendo assim 2,8721 Kg de material seco.

Para a extração por Soxhlet (figura 3), utilizou-se 58,8663g de material vegetal seco e triturado e usou-se, por ordem crescente de polaridade, os seguintes solventes: Hexano << Acetato de etila << Metanol. Ao final do processo de extração, obteve-se as seguintes massas: 0,7518g de extrato hexânico; 0,8153g de extrato acetato de etila e 5,2937g de extrato metanólico.

Análise preliminar de metabólitos secundários

A identificação de metabólitos secundários da espécie *Melochia tomentosa* L foi realizada seguindo a metodologia descrita em Matos (2007), e utilizou-se os extratos: hexânico, acetato de etila e metanólico, obtidos das partes aéreas da espécie em estudo. Esta metodologia consiste em reações específicas para cada grupo de metabólito: para a identificação de flavonoides foram utilizadas a reação de Shinoda e a reação com $AlCl_3$. Taninos foram identificados através da reação de precipitação de proteínas. Para a identificação de alcaloides foi empregada a reação de Mayer. A reação de Bornträger foi usada para a detecção de quinonas. Para esteroides e triterpenos aplicou-se a reação de Liebermann-Buchard. Para as saponinas foi realizado teste de espuma e para cumarinas reação de abertura de anel lactônico.

Para a detecção de flavonoides na espécie em estudo, utilizou-se a reação de Shinoda. Solubilizou-se 30mg dos extratos em 3mL de etanol, posteriormente realizou-se a transferência das amostras para tubos de ensaio juntamente com quatro fragmentos de magnésio metálico e em seguida adicionou-se 0,5mL de ácido clorídrico concentrado em cada tubo. O resultado positivo deu-se pela mudança de coloração (coloração rósea a vermelha). Para a identificação com cloreto de alumínio, pigou-se algumas gotas da solução extrativa em duas regiões do papel filtro e em seguida aplicou-se o cloreto de alumínio em uma delas.

Para a identificação de alcaloides foi realizada a reação de Mayer. Inicialmente solubilizou-se 1,35g de cloreto de mercúrio em 60mL de água destilada, em seguida dissolveu-se 5g de iodeto de potássio em 20mL de água destilada. Posteriormente transferiu-se essas soluções para um balão volumétrico de 100mL e adicionou-se água destilada para completar o volume. As amostras (cerca de 30mg) foram solubilizadas em 3mL de metanol e transferidas para tubos de ensaio. Em cada um dos tubos foram adicionadas cinco gotas de ácido clorídrico concentrado e em seguida acrescentou-se 10 gotas do reagente de Mayer. A formação de precipitado indicou a presença de alcaloides.

Na determinação de esteroides e triterpenos solubilizou-se 5mg dos extratos em 2mL de clorofórmio e em seguida transferiu-se a parte solúvel para tubos de ensaio. Após a transferência, realizou-se a reação de Liebermann-Buchard, onde adicionou-se 1mL de anidrido acético e três gotas de ácido sulfúrico concentrado as amostras. A ausência de triterpenos deu-se pelo não desenvolvimento de coloração vermelho-púrpura. A formação de uma coloração verde azulada indicou a existência de núcleos esteroidais.

Solubilizou-se 10mg das amostras em 3mL de água destilada e após esse processo transferiu-se os extratos diluídos para tubos de ensaio com tampa. Durante três minutos os tubos de ensaio foram agitados energicamente e depois permaneceram de repouso por 15 minutos. A ausência da formação de espuma persistente indicou a ausência saponinas.

Para a identificação de taninos foram solubilizadas 20mg de extrato em 2mL de metanol, em seguida adicionou-se 4mL de água destilada e fez-se a filtração. Após dividiu-se as amostras em seis tubos de ensaio (dois tubos para cada extrato em estudo). A primeira reação consistiu em acrescentar cinco gotas de cloreto férrico a 20% em dois tubos de ensaio, para a presença de taninos hidrolisáveis tem-se o desenvolvimento de uma coloração azul e para a de taninos condensados a coloração esperada é verde. Porém essa reação não é específica apenas para taninos, também pode-se usar essa técnica na determinação de fenólicos em geral. Para a segunda reação, adicionou-se duas gotas de ácido clorídrico aos extratos e em seguida foram gotejadas algumas gotas de solução de albumina a 2% nos tubos restantes, o resultado positivo para taninos foi expresso pela formação de precipitado ou turvação da amostra.

A identificação de cumarinas foi observada por meio da técnica de fluorescência, para isso 5mg dos extratos foram solubilizados em 3mL de metanol. Logo após, as soluções foram gotejadas em papéis filtro e em seguida adicionou-se duas gotas de hidróxido de sódio a 10% sobre as soluções, apenas em um lado de cada papel filtro. Ao observar o papel filtro sob a luz UV (245nm a 366nm), o resultado positivo foi expresso pela fluorescência de coloração verde-amarelada ou azulada.

Para a detecção de quinonas é empregada a reação de Bornträger. Inicialmente 10mg dos extratos foram solubilizados em 0,5mL de metanol, em seguida acrescentou-se 1,5mL de água. Posteriormente, transferiu-se as soluções para tubos de ensaio e adicionou-se 5mL de clorofórmio em cada um dos tubos. Agitou-se e durante 10 minutos as amostras ficaram em repouso. Após o tempo de repouso, a parte clorofórmica foi retirada e transferida para outro tubo de ensaio. Adicionou-se 1mL de hidróxido de sódio a solução aquosa, o não aparecimento de uma coloração roxa/púrpura indicou que não havia a presença de quinonas (MATOS, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *Melochia tomentosa* L. apresenta resultados interessantes ao ser averiguar as substâncias presentes no óleo essencial de suas flores e nos extratos hexânico, acetato de etila e metanólico de suas partes aéreas. Os resultados obtidos a partir da realização da triagem fitoquímica podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da triagem fitoquímica preliminar da espécie *Melochia tomentosa*.

Metabólitos Secundários	Extrato Hexânico	Extrato Acetato de Etila	Extrato Metanólico
Flavonoides (Shinoda)	-	+++	+++
Flavonoides (AlCl ₃)	-	+++	+++
Alcaloides	+++	++	++
Esteroides	+++	+++	+++
Triterpenos	-	-	-
Saponinas	-	-	-
Taninos (FeCl ₃)	Não foi possível visualizar mudança de coloração		
Taninos (precipitação de proteínas)	++	+++	++
Cumarinas	-	++	++
Quinonas	-	-	-

Ao se analisar a tabela é possível ver uma discrepância na análise de taninos, pois estes são extremamente polares e não deveriam ser encontrados no extrato hexânico. Possivelmente a precipitação de proteínas ocorreu por meio de alcaloides presentes na planta.

A análise cromatográfica registrou 20 substâncias diferentes ao longo de 25 minutos de separação conforme evidenciado no cromatograma (Figura 2).

Após a separação e análise por espectrometria de massas os dados obtidos nos espectros foram cruzados com diversos bancos de dados, para assim serem definidas quais as substâncias mais prováveis encontradas na amostra (Tabela 2).

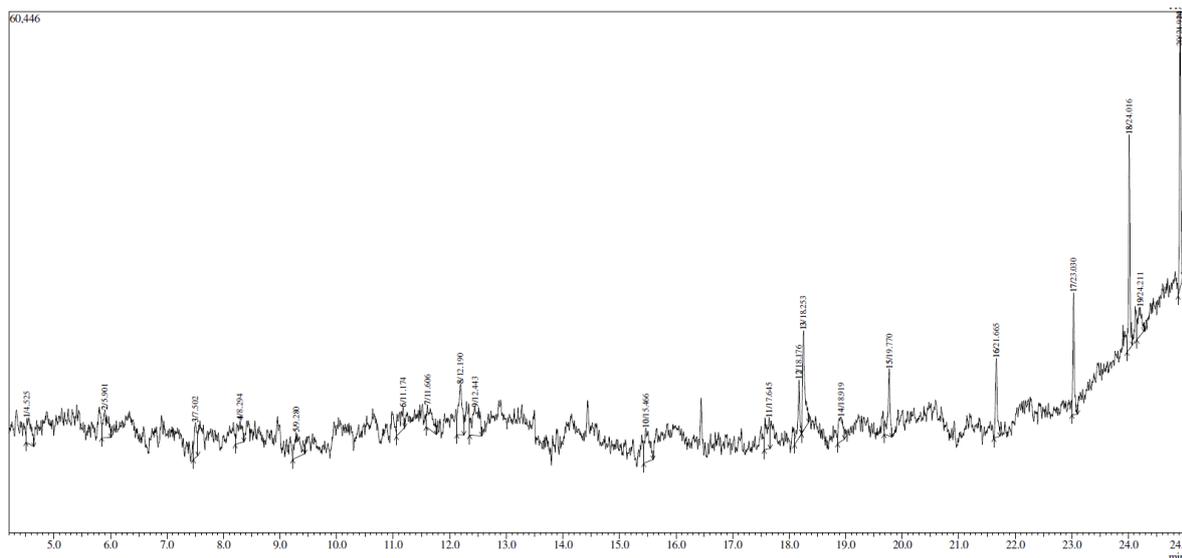


Figura 2. Cromatograma do óleo essencial de *Melochia tomentosa*.

Dentre as substâncias apresentadas na tabela 2 o trans-sabineno hidratado (pico 7) foi identificado como sendo componente da amostra de óleo essencial analisada. Estudos prévios demonstram a presença do trans-sabineno hidratado e do trans-sabineno na composição de óleos essenciais de plantas de diversas famílias, incluindo a família Malvaceae (KOKKINI, 1991; PHAT *et al*, 2020). Após a ionização da substância 7 foi gerado o espectro da Figura 3.

Comparando-se os espectros de massa da substância 7 e do trans-sabineno hidratado, observa-se que ambos os espectros possuem íon base em m/z 71. Mesmo não sendo exatamente iguais há uma grande proximidade entre vários outros picos, como é o caso do íon molecular do trans-sabineno hidratado em m/z 154.

O trans-sabineno hidratado é composto por um biciclo substituído, com uma isopropila no carbono 1 e uma hidroxila e uma metila no carbono 4 (composto ilustrado na Figura 3).

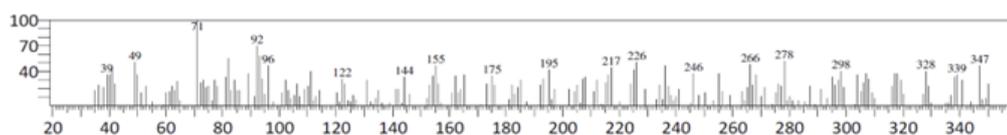
O trans-sabineno hidratado é frequentemente encontrado em óleos essenciais de diferentes espécies da família Lamiaceae, por vezes, sendo uma das substâncias majoritárias em sua composição, mesmo assim também é relatada a presença de trans-sabineno hidratado em menores concentrações em plantas da família Myrtaceae entre outras (KOKKINI, 1991; PHAT *et al*, 2020).

Nas indústrias alimentícias o trans-sabineno hidratado é frequentemente usado para dar sabor refrescante, mentolado, eucaliptol, com um caráter doce e picante semelhante ao terpineol, o que resulta no seu alto valor comercial (GALOPIN, 2001).

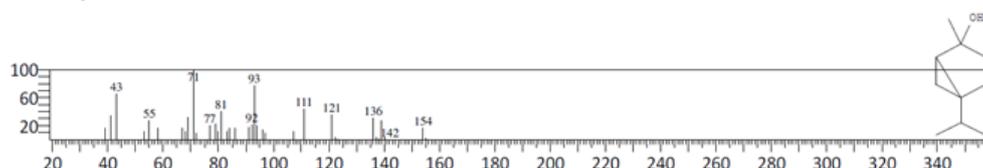
Tabela 2. Substâncias detectadas na cromatografia gasosa acoplada à espectrômetro de massas .

Pico	Tempo de Retenção	Área	Área (%)	Substância detectada	Base m/z
1	4,525	16611	3,70	Éster de ácido N-metilcarbâmico 2,3,5-tricloro-6-metoxi-4-piridílico	57,05
2	5,901	18623	4,15	1, 2, 4 - Ciclopentanotriol (1.alpha.,2.beta.,4.alpha.)	56,05
3	7,502	14354	3,20	N'-(4-Piperididocarbonilmethoxibenzilideno)-2-(2,4- 2-(2,4-diclorofenoxia)	36,00
4	8,294	14760	3,29	Acetato de butacaína	57,05
5	9,280	19278	4,29	4-(2-Cloroetoxi)-N-etil-6-metoxi-1,3,5-triazin-2-amina	41,00
6	11,174	15013	3,34	Alil[4,6-bis(dimetilamino)-1,3,5-triazin-2-il]cianamida	44,00
7	11,606	17410	3,88	trans-Sabineno hidratado	71,10
8	12,190	27409	6,10	7-Cloro-1,3-dihidro-5-fenil-2h-1,4-dibenzodiazepina	73,00
9	12,443	28403	6,32	4-O-Metilforbol-12,13-didecanoato	57,05
10	15,466	23146	5,15	Metil 2,3,4-tri-O-acetil-6-acetamido-6-desoxi-.alfa.-d-glucopiranosídeo	114,90
11	17,645	16766	3,73	5.beta.,6.beta.-Epoxipregnano-3.beta.-ol-20-ona 3-acetato	67,00
12	18,176	16037	3,57	Hexadecametileptasiloxano	73,00
13	18,253	32609	7,26	Miristato de isopropila	43,05
14	18,919	15049	3,35	1,2-Longidiona	96,00
15	19,770	20659	4,60	Hexadecametileptasiloxano	73,00
16	21,665	20719	4,61	Hexadecametileptasiloxano	73,00
17	23,030	25289	5,63	Hexadecametileptasiloxano	73,05
18	24,016	41352	9,21	Hexadecametileptasiloxano	73,00
19	24,211	14941	3,33	6,19-Cicloandrostando-3,7-diol, 3.beta.-metoxi	57,05
20	24,914	50720	11,29	Hexadecametileptasiloxano	73,00
		449148	100,00		

Espectro de massas da substância 7.



Espectro de massas do trans-sabineno hidratado.

**Figura 3.** Espectro de massas da substância 7.

Frequentemente é relatado na literatura as propriedades terapêuticas dos óleos essenciais de plantas da família Lamiaceae e em outras ervas que possuem trans-sabineno na composição de seus óleos essenciais, podendo ser destacadas atividades antioxidantes, antimicrobianas e antiespasmolíticas (SAAD *et al*, 2016; DEMIRCI *et al*, 2007).

Com relação à ocorrência da substância em espécies da família Malvaceae, Avoseh *et al.* (2019) relataram a ocorrência do sabineno no óleo essencial de *Waltheria indica* L., sendo este um dos seus componentes majoritários, possuindo 21% na sua composição, e apresentando atividades anti-nociceptivas e anti-inflamatórias. Outro estudo aponta a produção do trans-sabineno de *Gossypium barbadense*, no teor de 1,4 % (ESSIEN, 2011). Apesar da ocorrência prévia em outras espécies da família, esse é o primeiro relato da identificação do trans-sabineno hidratado no óleo essencial de flores de *Melochia tomentosa*, contribuindo para o conhecimento a respeito da produção de compostos voláteis pela espécie.

CONCLUSÕES

A triagem fitoquímica dos extratos hexânico, acetato de etila e metanólico de *Melochia tomentosa* L. evidencia que a espécie é rica em metabólitos secundários ainda não identificados sendo eles, flavonoides, esteroides e cumarinas, além dos já relatados alcaloides que caracterizam a espécie.

A detecção de trans-sabineno hidratado por CG-MS no óleo essencial das flores de *Melochia tomentosa* L. são um indício de que o óleo essencial dessa espécie pode possuir atividades terapêuticas e biológicas interessantes. Diante dos resultados obtidos foi possível contribuir com o conhecimento fitoquímico da espécie *Melochia tomentosa* L.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. B. L. *et al.* *Pavonia* Cav. Species (Malvaceae *sensu lato*) as source of new drugs: A review. *Química Nova*, v. 45, n. 8, p. 977-993, 2022.

ALVES, M. I. A família Malvaceae *sensu lato* em uma área do agreste paraibano, nordeste do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 2010.

AVOSEH, O. N. *et al.* Anti-inflammatory and anti-nociceptive activities of essential oil of *Waltheria indica*. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**. v. 18, n. 6, p. 566-576, 2019.

BAŞER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Hand Book of Essential Oils: Science, Technology and Applications**. Nova York: CRC Press, 2010.

DEMIRCI, B *et al.* Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Chaerophyllum libanoticum* Boiss. *et* Kotschy. **Food Chemistry**, v. 105, n. 4, p. 1512-1517, 2007.

DIAS, G. C. D. Constituents of the roots of *Melochia chamaedrys*. **Phytochemistry**, v. 68, n. 4, p. 668-672, 2006.

EMILE, A. *et al.* Bioassay-guided isolation of antifungal alkaloids from *Melochia odorata*. **Phytoterapy Research**. v. 21, n. 4, p. 398-400, 2007.

ESSIEN, E. E. Constituents and antimicrobial properties of the leaf essential oil of *Gossypium barbadense* (Linn.). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 5, p. 702-705, 2011.

FERNANDES, D. A. *et al.* *Helicteres* L. Species (Malvaceae *sensu lato*) as source of new drugs: A review. **Química Nova**, v. 43, n. 6, p. 787-803, 2020.

FRYXELL, P. A. The American genera of Malvaceae II. **Brittonia**, v. 49, n.2, p. 204-269, 1997.

GALOPIN, C. A short and efficient synthesis of (±) - trans-sabinene hydrate. **Tetrahedron Letters**. v. 42. p. 5589-5591, 2001.

KAPADIA, G. J. *et al.* Potential carcinogens .12. Melovinone, an open-chain analog of melochinone from *Melochia-tomentosa*. **Phytochemistry**, v. 7, n. 8, p. 1444-1445, 1978.

KAPADIA, G. J.; SHUKLA, Y. N. Melosatin-d - a new isatin alkaloid from *Melochia-tomentosa* roots. **Planta Medica**, v. 59, n. 6, p. 568-569, 1993.

KOKKINI, S. Chemical Races Within the Genus *Mentha* L. **Essential Oils and Waxes**, v.12, p. 63-78, 1991.

Malvaceae in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei>. Disponível em: <https://www.gbif.org/species/6685>. Acesso em 15 nov. 2022.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**, 2 ed. Fortaleza: EUFC 1997.

MEIRA-NETO, R. A.; ALMEIDA, S. S. M. S. de. Avaliação fitoquímica, microbiológica e citotóxica das folhas de *Gossypium arboreum* L. (MALVACEAE). **Biota Amazônia**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 18-22, 2015.

Melochia Dill. ex L. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei>. Disponível em: <https://www.gbif.org/species/3152114>. Acesso em 09 dez. 2022.

Melochia tomentosa L. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei>. Disponível em: <https://www.gbif.org/species/6686267>. Acesso em 09 dez. 2022.

PHAT, D. T. *et al.* Extraction process optimization and characterization of the Pomelo (*Citrus grandis* L.) peel essential oils grown in Tien Giang Province, Vietnam. **Natural Volatiles & Essential Oils**, v. 7, n. 4, p. 26-33, 2020.

SAAD, G. A. *et al.* **Fitoterapia Contemporânea: Tradição e Ciência na Prática Clínica**. 2 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2016.

SHEN, Y.; HAO, X. Natural product sciences: an integrative approach to the innovations of plant natural products. **Science China**, v. 63, n. 11, p. 1634-1650, 2020.

SILVA, J. B. L. Anatomia e aspectos adaptativos de *Melochia tomentosa* L. em uma área de caatinga do Cariri paraibano. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 2020. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/xmlui/handle/123456789/24945>. Acesso em 07 dez. 2022.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento**.

Aplicação de biofertilizante de polpa de café no desenvolvimento morfológico da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.)

Autores:

Joseane Oliveira da Silva

Doutora em Produção Vegetal, professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Grasiele de Oliveira Cruz

Graduação em Engenharia Ambiental (IFBA)

Sara Moreno Pereira Lacerda

Doutoranda em Engenharia e Ciência de Alimentos (UESB)

Danyella Santos Silveira

Graduanda em Engenharia Ambiental (IFBA)

Felizardo Adenilson Rocha

Doutor em Engenharia Agrícola, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

DOI: 10.58203/Licuri.20109

Como citar este capítulo:

SILVA, Joseane Oliveira et al. Aplicação de biofertilizante de polpa de café no desenvolvimento morfológico da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.). In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). *Estudos em Ciências Florestais e Agrárias*. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 140-154.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros de crescimento da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada com doses diferenciadas do biofertilizante proveniente da digestão da polpa do café. O trabalho foi realizado no laboratório de Solos do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia da Bahia (IFBA), campus Vitória da Conquista, BA, bem como o cultivo das mudas em vasos localizados na casa de vegetação do instituto e do Sítio Guduri, localizado na cidade de Rio de Contas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) contendo cinco tratamentos de diferentes proporções 0; 0,6; 0,8; 1,2; 1,8 e 2,4 g vaso⁻¹ em dose única e com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Após ponto de colheita, as mudas das hortaliças foram submetidas a avaliação das seguintes características morfológicas: número de folhas (unidade), comprimento da raiz, comprimento do caule, diâmetro do caule e diâmetro da cabeça expressa em cm, determinação do peso fresco e peso seco da hortaliça (g/vaso), área foliar e área do sistema radicular em cm². O uso do biofertilizante favoreceu o acúmulo do peso fresco total, peso seco total e área foliar. O número de folhas, diâmetro do caule e cabeça aumentaram significativamente com a dose 2,4 g vaso⁻¹ do insumo orgânico, indicando sua eficiência na produção da hortaliça.

Palavras-chave: Hortaliça. Adubação Orgânica. Horticultura.

INTRODUÇÃO

Atualmente, é notória a preocupação da população em relação a qualidade de vida optando por uma alimentação cada vez mais saudável. De acordo com Caporal & Costabeber (2004), esse despertar da população está influenciando os agricultores na adoção de novas técnicas para os sistemas agrícola deixando de lado os sistemas convencionais. Os altos custos dos insumos agrícolas sintéticos, como também contaminação do solo e dos recursos hídricos provenientes dos biofertilizantes químicos, fortalece a busca pela agricultura mais sustentável (EMBRAPA, 2018).

Neste cenário ecológico, é possível identificar diversas técnicas para produção de insumos orgânicos que além de melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas, não produzem substâncias e resíduos poluentes para o meio ambiente. A utilização desses insumos ainda permite aos agricultores reciclar produtos presente na sua propriedade para a produção do mesmo, proporcionando economia na compra de insumos e atenuação da dependência dos produtores pelos insumos sintéticos (SOUZA, 2010).

Dentre os insumos orgânicos produzidos, destaca-se o biofertilizante, que segundo Medeiros et al. (2007), é proveniente da decomposição da matéria orgânica realizada por microrganismos, com composição variada dependendo do material de origem que será empregado para sua produção. É considerado um bom suplemento nutricional, podendo ser aplicado via solo ou foliar, atuando na melhoria das características física, química e biológica do solo, aumento na produtividade das culturas e controlador de pragas e doenças (GONÇALVES, 2009).

Utilizado frequentemente na horticultura, destaca-se seu uso na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), sendo uma das hortaliças mais cultivadas em todo em todo Brasil pela agricultura familiar, devido as suas vantagens, como: adaptação a condições de climas diversas, rentabilidade rápida pelo seu cultivo em qualquer estação, produção em diferentes ambientes aberto ou fechado e custo de produção baixo por apresentar pouca incidência de pragas e doenças (REZENDE et al., 2007). Além disso, é considerada a hortaliça mais consumida no país por dispor de várias vitaminas A, B1, B2 e C e também sais minerais cálcio e ferro, importantes para suplementação nutricional da população.

Vasconcelos et al., (2017) monitoraram a aplicação de adubos orgânicos em alface, observando aumento nos teores de macro e micronutriente, fertilidade e

consequentemente na produção. A obtenção dos parâmetros de crescimento da cultura submetido a doses de biofertilizante é de grande importância para a agricultura familiar, contribuindo para a o conhecimento da eficiência do insumo orgânico e proporcionando aos agricultores novas formas de adubações mais sustentáveis e econômicas.

Deste modo, o presente trabalho teve como principal objetivo determinar as principais características morfológicas da alface (*Lactuca sativa* L.), tais como: número de folhas, comprimento do caule e raiz, diâmetro do caule e diâmetro da cabeça. Além disso, determinar o peso fresco e seco das folhas e raízes, área foliar e área do sistema radicular das unidades experimentais; e por fim analisar a influência das doses do biofertilizante no desenvolvimento da cultura da alface.

METODOLOGIA

Coleta, preparo e análise química do solo

Foram realizadas coletas do latossolo vermelho amarelo distrófico em profundidade de 0 - 20 cm, no sentido vertical, em uma área próxima ao IFBA. Devido as variações climáticas com incidências de chuvas na semana da coleta, o solo foi exposto na casa de vegetação localizada no IFBA para secagem. Após secagem, o solo foi peneirado com peneira de malha 4", abertura de 100 mm, fio 22 e aro de 80 cm, com o intuito de reter pedregulhos, folhas, torrões de areias e outros materiais.

Posteriormente, foi coletada uma amostra do solo e encaminhado para o Laboratório de Solos da UESB para realização de análise química segundo metodologia da EMBRAPA (1997), conforme a Tabela 1.

Após a caracterização química do solo, foi observado que o mesmo se encontrava ácido, deste modo foi realizado o cálculo de correção da acidez, utilizando o método de saturação por base.

Em seguida, procedeu-se a correção da acidez do solo adicionando por vaso 5,67 gramas de calcário dolomítico com PRNT igual 85%, para 3 kg (três quilos) de solo. Os vasos foram encaminhados para casa de vegetação, molhado até atingir a saturação. Os mesmos permaneceram incubado por 30 dias, com regas diárias, afim de neutralizar o alumínio e hidrogênio e consequentemente fornecer cálcio e magnésio para o solo.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento antes da implantação.

Variáveis	Concentrações
pH	5,3 mg/dm ³
P	2 mg/dm ³
K	0,15 mg/dm ³
Ca ²⁺	2,5 mg/dm ³
Mg ³⁺	2,3 cmol _c /dm ³ de solo
Al ³⁺	0,1 cmol _c /dm ³ de solo
H ⁺	8,4 cmol _c /dm ³ de solo
Na ⁺	-
S.B	5,0 cmol _c /dm ³ de solo
t	5,1 %
T	13,5 %
V	37 %
M	2 %

Fonte: LACERDA (2020).

Preparo do Biofertilizante

O biofertilizante utilizado no estudo foi proveniente da Fazenda Ressaca, localizada no município de Piatã, estado da Bahia. O insumo orgânico foi obtido após o processo de codigestão anaeróbia de esterco bovino fresco, água e casca de café, totalizando volume total de 50 litros compostos por água, esterco bovino fresco e casca de café nas proporções volumétricas de 2:1:1, em um biodigestor.

Inicialmente foi adicionado ao biodigestor 12,5 litros de esterco bovino fresco, sendo diluindo em 12,5 litros de água na proporção 1:1, deixando em condições aeróbias por 48 horas de forma a permitir a fermentação prévia dos inóculos, após o período, foi adicionado mais 12,5 litros de água e 12,5 litros de cascas de café triturada com auxílio do triturador forrageiro modelo TRF400® (FIGUEREDO, 2019). Em seguida os elementos foram agitados até garantir uma mistura homogênea, o recipiente foi fechado e mantido em processo de fermentação durante trinta dias.

Após o período de fermentação o biodigestor foi aberto e o líquido homogeneizado com uma haste de madeira. A amostra foi coletada após o descarte dos 5 (cinco) primeiros litros do biofertilizante. Após coleta, o produto foi encaminhado à casa de vegetação para

secagem durante o período de 30 dias, posteriormente triturado e armazenado em um recipiente para posteriormente ser adicionado as mudas.

Semeadura da Alface

A alface tipo crespa verde utilizada foi a variedade Mônica, conhecida popularmente como a “alface tradicional”, da marca Feltrin. Na bandeja de semeadura com 128 células, foi colocado uma camada de substrato vegetal e cerca de uma a duas sementes acomodadas a uma profundidade de 0,5 cm por célula. Após o plantio as regas foram feitas diariamente utilizando um borrifador para não ocasionar o encharcamento do substrato e a bandeja adicionada na casa de vegetação do sitio Guduri, a fim de proteger as mudas do sol, chuva, vento e ataque de pragas e insetos. As sementes germinaram após 7 dias do plantio, e aos 45 dias já estavam prontas para serem transplantadas.

Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados (DIC) (para que todas as amostras tivessem as mesmas condições de luminosidade e temperatura), com cinco tratamentos de diferentes proporções dos compostos orgânicos, 0;0,6;0,8;1,2;1,8 e 2,4 g vaso⁻¹ e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Após 45 dias da germinação, as mudas foram transplantadas para os vasos que já cotiam os devidos tratamentos adicionados superficialmente sobre o solo. As regas dos vasos, foram realizadas diariamente preferencialmente no período manhã, com cerca de 200 ml para cada vaso. A colheita ocorreu após 58 dias do transplante, quando as hortaliças se apresentam completamente desenvolvidas. Conforme Lima (2007), a colheita da alface ocorre de 50 a 70 dias após o transplante, variando conforme a época do ano e também os tratamentos culturais utilizados.

Após a colheita, as hortaliças foram lavadas em água em corrente e separadas em folhas e raízes. O número de folhas foi determinado através de contagem manual considerado as folhas comerciais com comprimento acima de 5 cm, o comprimento do caule e da raiz foram medidos com auxílio da régua (30cm) e o diâmetro do caule e da cabeça com o paquímetro digital, modelo Digimess®.

Com auxílio da balança analítica foi determinado o peso fresco das folhas e raízes, em seguida, o material vegetal foi levado para o laboratório de solos do IFBA, para análise da

área foliar com Software de monitoramento foliar Winfolia® e área do sistema radicular pelo método de volumetria. Posteriormente, as folhas e raízes foram armazenadas em saco de papel com capacidade de 5 kg e levados para desidratação na estufa a 50°C durante 48 horas. Após a secagem as folhas e raízes foram pesadas determinando seu peso seco.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de média (Tukey a 5%) utilizando-se o programa estatístico SAS - Statistical Analysis System (PAPEL et. al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise da variância (ANOVA), os tratamentos adotados foram significativos para o número de folha, diâmetro do caule e cabeça, porém sem efeito significativo para comprimento do caule e raiz, conforme mostra Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA) para Número de Folhas - NF (unid), Comprimento da Raiz- CR (cm), Comprimento do Caule - CR (cm), Diâmetro do Caule - DC (cm) e Diâmetro da Cabeça - DCC (cm), da alface submetida a diferentes doses do biofertilizante.

FV	GL	Quadrado Médio				
		NF	CR	CC	DC	DCC
Trat	4	8,07500*	0,41175 ^{ns}	0,54200 ^{ns}	10.16875*	5.95125*
Resíduos	15	0,68333	0,80500	0,24383	0.50416	0.36300
CV (%)	-	10,14282	22,26347	15.03181	14.13029	5.50223

ns: não significativo pelo teste F a probabilidade de 5% e * significativo pelo Teste F a probabilidade de 5 %. Fonte: CRUZ (2020).

Na Tabela 3, as variáveis Área Foliar, Peso Fresco Total e Peso Seco Total apresentam variação significativa em função das doses do adubo orgânico aplicado. Já a variável área do sistema radicular não foi significativa, ou seja, os tratamentos aplicados não diferiram entre si.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para Área Foliar - AR (cm²), Área do Sistema Radicular - ASR (cm²), Peso Fresco Total - PFT (g) e Peso Seco Total - PST (g), submetida a diferentes doses do biofertilizante.

FV	GL	Quadrado Médio			
		AR	ASR	PFT	PST
Trat	4	83953,712 1*	0,0710050 0 ^{ns}	295,67546 7*	1,37289049*
Resíduos	15	4195,8981	0,2535650 0	19,041229	0,09271258
CV (%)	-	12,58159	0,100633	17,61165	18,41828

ns: não significativo pelo teste F a probabilidade de 5% e * significativo pelo Teste F a probabilidade de 5%. Fonte: CRUZ (2020).

Para determinação da não significância das variáveis citadas anteriormente, foi contraposto o F calculado dos tratamentos conforme a variação da ANOVA com F tabelado disposto no quadro dos limites unilaterais de F ao nível de 5,0% de probabilidade. Considerando o grau de liberdade do fator de tratamento (4) e o grau de liberdade dos resíduos (15), foi encontrado $F_{\text{tabelado}} = 3,06$. Deste modo, para condição em que o $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$, foi aceita hipótese de variação significativa em que os tratamentos diferem entre si e quando $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$ foi aceita a hipótese que os tratamentos não diferem entre si.

Observa-se na Tabela 2 e 3, que as variáveis não significativas apresentaram a mesma variabilidade, com média de desempenho próximas ou semelhantes quando submetidas as doses dos tratamentos (0g vaso⁻¹; 0,6g; 1,2g; 1,8g; 2,4g). Desta forma, suas distribuições ficaram sobrepostas e os tratamentos não diferiram entre si, ou seja, independente da aplicação do tratamento as mudas terão desempenho estatisticamente semelhantes para as variáveis de comprimento do caule, comprimento da raiz e área do sistema radicular.

Analisando os Coeficientes de Variação, o CV das variáveis não significativas variou de 0,1% a 22 %, já as variáveis significativas apresentaram o CV variando de 10% a 18%. Observa-se resultados parecido com os trabalhos de Silva (2018) e Gualberto (2018).

Conforme o trabalho de Silva (2018) avaliando as características produtivas da alface submetida a doses de biofertilizante não houve nenhuma diferença significativa das variáveis devidos aos altos valores de CV variando 22% a 30%, impedindo possivelmente a percepção de diferenças entre os tratamentos. No estudo de Gualberto et al. (2018) pelo resumo da análise de variância ocorreu diferenças significativas entre cultivares para todos os caracteres avaliados com valores de coeficientes variando de 11 a 18%.

A tabela 4 mostra a comparação das médias das características morfológicas submetidas aos tratamentos distintos pelo Teste Tukey a 5% probabilidade. Observa-se que as diferentes doses do composto orgânico diferiram para três variáveis, número de Folhas, diâmetro do caule e diâmetro da cabeça.

Tabela 4. Comparação pelo Teste Tukey para Número de Folhas - NF (unid), Comprimento da Raiz - CR (cm), Comprimento do Caule - CR (cm), Diâmetro do Caule - DC (cm) e Diâmetro da Cabeça - DCC (cm), submetida a diferentes doses do biofertilizante.

Tratamentos	NF	CR	CC	DC	DCC
T1: 0 g vaso ⁻¹	6,75c	3,75 ^a	2,75a	3,25d	9,82c
T2: 0,6 g vaso ⁻¹	7,00bc	3,75a	3,25a	3,87dc	10,17bc
T3: 1,2 g vaso ⁻¹	8,00bc	4,00a	3,55a	4,87bc	10,55bc
T4: 1,8 g vaso ⁻¹	8,75ab	3,75 ^a	4,70a	5,87ab	11,30b
T5: 2,4 g vaso ⁻¹	10,25 ^a	3,75 ^a	3,17a	7,25a	12,90a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Fonte: CRUZ (2020).

Conforme Benincasa (2003) o estudo das folhas é imprescindível, uma vez que é o principal indicativo do rendimento vegetal. Conforme a tabela 4, verificou-se que a maior dose do biofertilizante proporcionou maior número de folhas das alfaces com um incremento de 51,85% com relação ao tratamento controle ou seja, que não houve aplicação do biofertilizante.

Na Figura 1, é possível analisar a variação da média da quantidade de folhas para cada tratamento. Nota-se que os tratamentos de 2,5 e 1,8 g vaso⁻¹ obtiveram maiores quantidade das folhas quando comparadas com as doses dos outros tratamentos. Além disso, é possível observar que conforme ocorria o acréscimo das doses aumentava-se proporcionalmente o número de folhas.

Radin et al. (2004) avaliando o crescimento de alface tipo cressa cultivadas em estufa e a campo, observaram aumentos de número de folhas por planta até o final do ciclo vegetativo, atingindo uma média de 20,6 folhas durante o período de 77 dias após transplantes das mudas. Tal valor é superior ao do presente estudo, devido ao maior período do cultivo. É importante destacar que a temperatura do ambiente de cultivo e o fotoperíodo estão intimamente associados ao número de folhas da hortaliça (OLIVEIRA et al., 2004).

Ainda relacionada a Tabela 4, é possível observar que houve variação no diâmetro do caule e da cabeça de alface. De acordo com as doses do biofertilizante utilizadas houveram maiores diâmetros nas parcelas adubadas com 2,4 g vaso⁻¹ do produto, com um aumento de 123 e 38,26% com relação ao tratamento que não houve adição. Já para comprimento da raiz e caule, doses crescentes do biofertilizante não proporcionou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

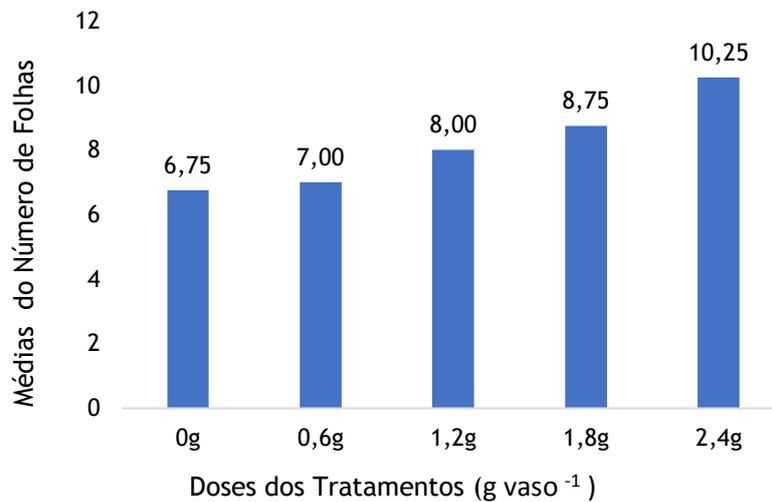


Figura 1. Média do Número de Folhas conforme a doses do biofertilizante.

Na Figura 2, é possível observar que o diâmetro do caule se correlacionou positivamente com o diâmetro da cabeça em todas as repetições do tratamento. Deste modo, fica evidenciado quanto maior o diâmetro do caule, se tem aumento no número de folhas e conseqüentemente melhores resultados de diâmetro da cabeça da hortaliça.

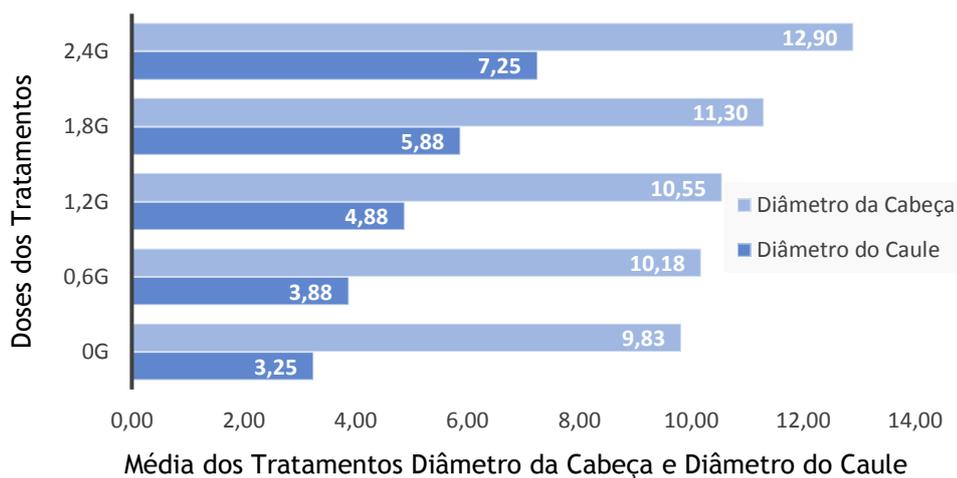


Figura 2. Correlação do Diâmetro do Caule x Diâmetro da Cabeça submetidas as doses do biofertilizante.

É importante destacar que o diâmetro do caule tem relação direta com o tamanho do diâmetro da cabeça, visto que a vascularização da hortaliça depende do diâmetro caulinar, ou seja, quando maior o DC maior presença de vasos condutores responsáveis pela condução e distribuição de substâncias nutritivas para as hortaliças (HELBEL, 2008).

Nos estudos de Blat *et al.* (2011) foram encontrados valores para o diâmetro da cabeça de 23,2; 24,1; e 22,8 cm para as cultivares Brasil 221, Maravilha das Quatro Estações e Brasil 303, respectivamente. Ao adicionar 2,4 g vaso⁻¹, do biofertilizante, observou-se que, embora tenha-se adquirido maior média de número de folhas, o diâmetro da cabeça é bastante inferior (12,90 cm), ao dos estudos de Blat *et al.* (2011), indicando dessa forma que mesmo com sua quantidade de folhas variando em torno de 9 a 12 folhas estas hortaliças não possuem características comerciais devido a colheita precoce.

A área do sistema radicular (Tabela 5) mostra que as diferentes doses do biofertilizante não diferiram estatisticamente, ou seja, não houve diferença significativas pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. No entanto, para as variáveis Área Foliar, Peso Fresco Total e Peso Seco Total as doses do biofertilizante diferiram estatisticamente.

A área foliar é uma variável muito importante no desenvolvimento da hortaliça, uma vez que está intimamente relacionada com a capacidade fotossintética do vegetal. Observa-se na Tabela 5 que a área foliar foi aumentada de forma significativa com o incremento da dosagem de biofertilizante até o limite do T5: 2,4 g vaso⁻¹, que

proporcionou uma área foliar 734,73 cm², obtendo uma área foliar 99,51% superior ao tratamento de controle (0 g vaso⁻¹ do biofertilizante).

Tabela 5. Comparação pelo Teste Tukey para Área Foliar - AR (cm²), Área do Sistema Radicular- ASR (cm³), Peso Fresco Total - PFT (g) e Peso Seco Total - PST (g), da alface submetida a diferentes doses do biofertilizante.

TRATAMENTOS	AF	ASR	PFT	PST
T1: 0 g vaso ⁻¹	368,26c	500,52a	17,19b	1,02b
T2: 0,6 g vaso ⁻¹	445,61bc	500,28a	20,29b	1,36b
T3: 1,2 g vaso ⁻¹	444,61bc	500,29a	21,91b	1,36b
T4: 1,8 g vaso ⁻¹	581,05b	500,29a	25,22b	2,04 ^a
T5: 2,4 g vaso ⁻¹	734,73a	500,54a	39,25a	2,46 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A Figura 3, apresenta a correlação da quantidade de folhas por planta pela área foliar. Observa-se que a maior quantidade de folhas resulta numa maior área foliar. É possível observar que nos tratamentos de 0,6; 1,2 e 1,8g houve decaimento da área foliar devido ao tamanho das folhas que tiveram comprimento variados. Conforme Souza et al. (2008), temperaturas elevadas (média de 28°C) a alface acelera seu ciclo favorecem o florescimento e crescimento da folha precoce antecipando a colheita. Tal variação foi observado no presente estudo, devido as médias de temperaturas observadas no município de Rio de Contas- BA, nos meses de setembro a dezembro período de condução do estudo, serem superiores a 26°C (WEATHER, 2020) acelerando o processo de florescimento influenciado possivelmente no tamanho das folhas e diâmetro da cabeça de todos os tratamentos de maneira uniforme.

Conforme a Tabela 5, o peso fresco total variou com valor médio de 17,19 a 39,25 g planta⁻¹ e o peso seco total de 1,02 a 2,46 g planta⁻¹, em que ambos apresentaram melhores resultados para os tratamentos submetidos a doses de 1,8g e 2,4g. O Figura 4 mostram a correlação do PFT E PST dos tratamentos submetidos a doses distintas do biofertilizante. Observa-se que quanto maior o PFT maior é o PST.

Na Figura 4 é possível observar que em nenhum dos tratamentos houve decaimento do PFT conforme o aumento das doses do biofertilizante, o que configura que a concentração de potássio presente no biofertilizante foi suficiente para atender a necessidade da

cultura. Conforme Tazi e Zeiger (2004), a deficiência de potássio provoca redução da atividade fotossintética e conseqüentemente diminuição dos valores de peso fresco.

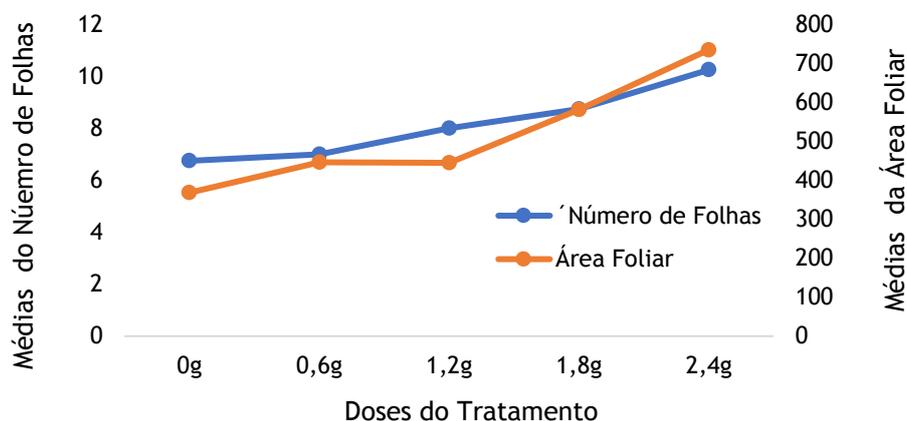


Figura 3. Correlação do Número de Folhas x Área Foliar submetidas as doses do biofertilizante.

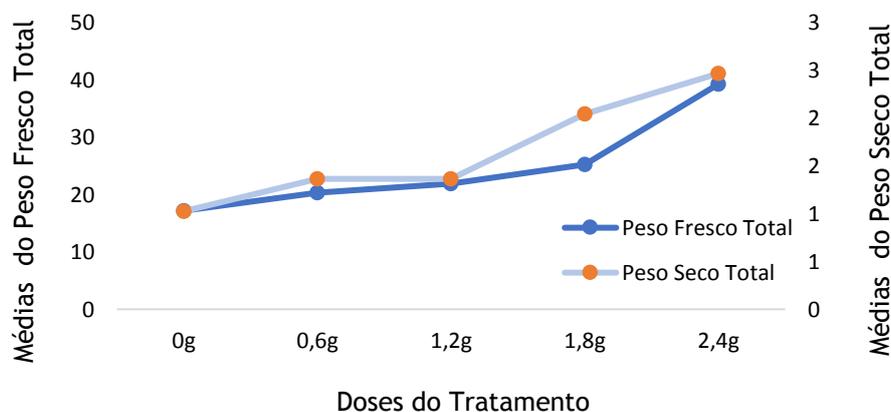


Figura 4. Correlação do Peso Fresco Total x Peso Seco Total submetidas as doses do biofertilizante.

No estudo de Damatto Junior et al., (2008) a utilização dos adubos orgânicos proporcionou eficiência na produção do peso fresco das folhas, contribuindo e preservando o aspecto visual durante o ciclo. O mesmo resultado do estudo do pesquisador se aplica o presente trabalho, uma vez que durante o ciclo os aspectos verdes e saudáveis das mudas foram preservados.

Vale ressaltar, que o uso do biofertilizante melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, potencializando a capacidade do solo disponibilizar nutrientes necessários para seu desenvolvimento e produção. Conforme Silva et al., (2011) a adubação orgânica em muitos casos produz cultura com características melhores do que as cultivadas com adubos minerais. A substituição de insumos sintéticos pode ser realizada de forma simples e barata pelos insumos orgânicos já que não ocorre diferença de produtividade de alface quando comparado os dois tipos de adubação.

CONCLUSÃO

A dose 2,4 g vaso⁻¹ do biofertilizante proporciona um maior incremento para as variáveis número de folhas, diâmetro do caule, diâmetro da cabeça e peso fresco total da alface. A área foliar da alface responde melhor quando submetida a maior dose do biofertilizante adicionada, visto que a área do sistema radicular não é influenciada com as diferentes doses do biofertilizante. O peso seco da alface responde melhor quando submetida as doses 1,8 e 2,4 g vaso⁻¹ do biofertilizante.

A alface crespa é influenciada pelas diferentes doses do biofertilizante, mostrando sua viabilidade para o cultivo com boas respostas agrônômicas e morfológicas para a cultura, podendo ser substituída pela adubação química com menos custo e alta eficiência.

REFERÊNCIAS

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. Revista Horticultura Brasileira, v.29, n.1, p.135-138, 2011.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. Agroecologia: Aproximando Conceitos com a Noção de Sustentabilidade. In: RUSCHEINSKY, Aloísio (Org.). Sustentabilidade: Uma Paixão em Movimento. Porto Alegre: Sulina, 2004.

DAMATTO JUNIOR, E.; VILAS BOAS, R. L.; BUENO, O. C.; SIMON J. E.; Doses de biofertilizante na produção de alface. 2018. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0441.pdf. Acesso em: 21 dez. 2020.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. - Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

FIGUEREDO. C. de S. Produção e caracterização química de biofertilizante com esterco bovino fresco e casca de café. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia da Bahia, IFBA. Vitória da Conquista, p.51. 2019.

GONÇALVES, M.V. Arquitetura de planta, teores de clorofila e produtividade de batata, cv. Atlantic, sob doses de silicato de potássio via foliar. 2009. 51p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

GUALBERTO, R.; ALCALDE, G.L.L.; SILVA, C.L. Desempenho de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia a partir de mudas produzidas em floating e espuma fenólica. *Colloquium Agrariae*, v.14, n.1, p.147-152, 2018.

HELBEL Junior, C.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão das soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.4, p.1142-1147, 2008.

LIMA. M. E. Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro Instituto De Agronomia Curso De Pós-Graduação Em Fitotecnia. Seropédica, RJ, p.92, 2007.

MEDEIROS, D. C.; LIMA, B. A. B.; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B.; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 3, p. 433-436, 2007. OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 26, n. 2, p.211-217, 2004.

PAPEL. E.F; MULLER. I.; SCHNEIDER. P. R.; DIAS. L. F.L. SAS - O essencial da linguagem. Santa Maria: UFSM(PPGEFPPGMQ) / Ambiente Inteiro, 2ºed, p.221, 2007.

RADIN, B.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. Cultivo de alface em sistema orgânico de produção. Embrapa Hortaliças. Brasília, DF, Novembro, 2007.

SILVA, S.; FILHO, C. B.; BARBOSA, A.; CARLOS, J.; URSOLINO, A. A. Espaçamentos entrelinhas e entre plantas no crescimento e na produção de repolho roxo. *Bragantia*, p. 538-543, 2011.

SILVA. C.; F.; A; LATTINI. A., O. Lofrano. R.; C.; Z. Efeito de biofertilizante no crescimento de alface, rúcula, tomate, cebolinha e repolho. *Revista gestão sustentabilidade ambiental, Florianópolis*, v. 8, n. 3, p. 278-287, 2019.

SOUZA, L. J. Sistema orgânico de produção de tomate. In: Instituto Capixaba de pesquisa, Assitência Técnica e Extensão Rural. Tomate. Vitoria, ES: Incaper, 2010. Cap. 2. p-35-67.

SOUZA M. C. M.; RESENDE L. V.; MENEZES D.; LOGES V.; SOUTE T. A.; SANTOS V. F. 2008. Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26 n. 3, p. 354-358, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VASCONCELOS, U.A.A.; COSTA, C.; OLIVEIRA, M.N.; BARBOSA, J.W.S.; MEDEIROS, 27 26 A.B.; SOBRINHO, T.G. Efeito residual do esterco ovino no cultivo da alface em diferentes espaçamentos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, n.3, p.508-511, 2017.

WEATHER CLANNEL. Clima para os meses de setembro a dezembro - Rio de Contas, Bahia.2020. Disponível em: < <https://weather.com/pt-BR/clima/mensal/l/Rio+de+Contas+Bahia?canonicalCityId=9dbb6f87fb2f1361f09418120942da0cb7db929d8324b95f9f48c195905ab1e8> >Aceso em: 23 dez. 2020.

Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal

Autores:

Amarildo Hersen

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava-PR

Romano Timofeiczky Junior

Pós-Doutor pelo Laboratoire d'économie Forestière, Institut Nationale de Recherche Agronomique - INRA, Nancy, France. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

João Carlos Garzel Leodoro da Silva

Pós-Doutor pela Michigan State University (MSU), USA. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

Dimas Agostinho da Silva

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

DOI: 10.58203/Licuri.20110

Como citar este capítulo:

HERSEN, Amarildo et al. Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 155-179.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um agrupamento de indústrias de produtos de madeira do município de Guarapuava-PR, utilizando como fonte a biomassa florestal. Os dados utilizados tiveram origem em pesquisa de campo, coletados com aplicação de questionário junto a indústrias do setor no período de 10 a 31 de maio de 2019. Em termos de método de pesquisa, se fez uso de técnicas de análise de investimentos com uso do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Razão Benefício Custo e Pay-back descontado, com Taxa Mínima de Atratividade de 9%. Os resultados apresentaram VPL positivo, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos e Razão Benefício Custo superior a 1. Conclui-se que os resultados sugerem viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada (consórcio) de energia elétrica, com potência bruta instalada de 2,25MW e uso de biomassa florestal (cavaco) como combustível.

Palavras-chave: Engenharia econômica. Economia florestal. Economia regional.

INTRODUÇÃO

Na literatura não há consenso sobre a definição de Geração Distribuída (GD). Bajay (2018) atribui a falta de consenso às variações na legislação de um país para outro, forma de conexão à rede elétrica, capacidade instalada, tecnologia e recursos primários utilizados. Para a Empresa de Pesquisa Energética (2018a), o conceito de GD está contemplado dentro do entendimento de Recursos Energéticos Distribuídos, definidos como tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição, normalmente junto a unidade consumidora. Já para Ackermann et al. (2001), a GD pode ser definida como geração de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou no lado do consumidor.

A GD refere-se a uma variedade de tecnologias que geram eletricidade no local ou próximo do local de consumo. A geração distribuída pode atender a uma estrutura simples, como uma empresa, ou pode fazer parte de um microgrid, ligado ao sistema de distribuição, como em uma grande instalação industrial, constituída de estrutura mais complexa. Conectada à linha de distribuição, pode contribuir no fornecimento de energia limpa a outros consumidores e redução de perdas de eletricidade ao longo das linhas de transmissão e distribuição (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Altoé et al. (2017) e Bajay et al. (2018) destacam a Resolução Normativa nº 482/ANEEL (ANEEL, 2012) como marco regulatório da Geração Distribuída (GD) de pequeno porte no Brasil por estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e instituir o sistema de compensação de energia elétrica no país. Os autores ainda destacam algumas mudanças no marco regulatório, essas promovidas pelas Resoluções nº 687/15 e nº786/17 da ANEEL, conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015; 2017).

Dentro da micro e minigeração distribuída no Brasil, a compensação dos créditos gerados pode ocorrer em diferentes modalidades, todas detalhadas na RN nº 687/2015 da ANEEL. A modalidade foco da presente pesquisa é a chamada geração compartilhada. Nessa modalidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) destaca que os consumidores (pessoa jurídica) podem se organizar sob a forma de consórcio para compartilhar a energia de um gerador e, assim, participar do sistema de compensação de

energia elétrica. O sistema de geração pode ser instalado em local diferente do consumo, desde que na área de abrangência da mesma distribuidora e em uma unidade consumidora integrante do consórcio.

De acordo com ANEEL (2012), uma das fontes incentivadas na GD, com possibilidade de compensação do consumo de energia elétrica, é a biomassa. Fonseca (2009) e o World Energy Council (2018) esclarecem que a biomassa se refere a todos os materiais de origem biológica que não estão embutidos em formações geológicas (fossilizadas). A biomassa pode ser usada em sua forma original como combustível, ou ser refinada para diferentes tipos de biocombustíveis sólidos, gasosos ou líquidos. Os combustíveis de biomassa podem ser produzidos a partir de coprodutos agrícolas, florestais e urbanos, bem como de culturas energéticas.

A definição de biomassa claramente exclui os tradicionais combustíveis fósseis, como o petróleo e carvão mineral que, mesmo tendo sido derivados de matéria orgânica vegetal e animal, necessitaram de milhões de anos para sua conversão na forma que são encontrados. Em relação à sua origem, a biomassa para fins energéticos pode ser classificada em três diferentes categorias: biomassa energética florestal; biomassa energética agropecuária; rejeitos urbanos (HERSEN, 2020).

Na esfera global, de acordo com a World Bioenergy Association (2018), a indústria florestal gera mais de 87% de toda a matéria prima de biomassa para bioenergia na forma de lenha, carvão vegetal, coprodutos da indústria florestal e madeireira, madeira recuperada e licor negro. De acordo com o estudo, o setor agropecuário contribui com 10% de subprodutos animais e agrícolas, sendo que as culturas energéticas produtoras de bioetanol e biodiesel estão incluídas no setor agrícola. Por fim, os resíduos sólidos urbanos e o gás de aterro abrangem os 3% restantes das fontes de matéria prima de biomassa.

Os coprodutos da indústria à base de madeira podem ser classificados basicamente em dois grupos: pequenas e média/grandes dimensões. Enquadram-se no grupo de resíduos de pequena dimensão o pó, a serragem, cavaco e lascas. Já no grupo de média e grande dimensão está a casca, costaneira, rolo-resto, etc. Na maior parte das operações de uma indústria, aproximadamente 2/3 dos resíduos são de maiores dimensões. O volume de resíduos gerados na fase industrial resulta da diferença entre o volume de madeira em toras que entra na fábrica e o volume de madeira processada ou desdobrada (SILVA; OSHIRO, 2017).

No estado do Paraná, de acordo com Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018), a área com floresta plantada no ano de 2015 atingiu 1.066.479 ha. Somente a Macro Região Centro-Sul, conforme subdivisão adotada pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) para o Paraná, que inclusive um dos núcleos regionais é Guarapuava, detém 83,46% de toda a área de floresta plantada, acima mencionada. Os números contribuem para o entendimento do potencial de biomassa para fins industriais e energéticos na região.

Segundo Preilipper et al. (2016), entre os insumos usados nas termelétricas, a biomassa florestal tem ganhado destaque, por apresentar condições de exploração a partir da utilização de coprodutos oriundos da colheita e da transformação da madeira. O objetivo da pesquisa foi identificar se há viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um agrupamento de indústrias de produtos de madeira do município de Guarapuava-PR, utilizando como fonte a biomassa florestal.

METODOLOGIA

Material e Método

A norma regulatória da ANEEL (RN nº 482/2012) orienta que é possível a compensação da energia elétrica gerada apenas na área de abrangência da distribuidora onde ocorre a geração. Dessa forma, a abrangência espacial da pesquisa corresponde a uma parte do município de Guarapuava-PR, por este ser atendido por duas distribuidoras de energia elétrica - Energisa e Copel. Considerando que a área de concentração de maior número de indústrias no município está na área de concessão da Energisa (Distrito Sede e Distrito Guará), definiu-se essa como a área de abrangência espacial do estudo.

As indústrias que participaram da pesquisa enquadram-se na Classificação Nacional de Atividade Econômica, CNAE, Subclasses 2.3, referente à Indústria de Fabricação de Produtos de Madeira, uma divisão da indústria da transformação. A identificação das empresas foi realizada a partir do Sindicato das Indústrias de Madeira, Serrarias, Beneficiamentos, Carpintaria e Marcenaria, Tanoarias, Compensados e Laminados, Aglomerados e Embalagens de Guarapuava - SINDUSMADEIRA (2019). O Sindicato representa empresas de sete municípios da Região, totalizando sessenta e oito empresas. No município de Guarapuava está o maior número de empresas, sendo no período da

pesquisa 47. A pesquisa considerou todas as indústrias em atividade, registradas no Sindicato, enquadradas na classificação supracitada e localizadas na área de concessão da Distribuidora Energisa em Guarapuava, totalizando 32 estabelecimentos.

Os dados para a pesquisa foram coletados por meio de entrevista, com aplicação de questionário junto ao sócio-proprietário da empresa ou gerente administrativo. O critério utilizado para levantar as informações é definido por Vieira (2009) como levantamento de dados feito por entrevista face a face. O questionário foi estruturado não disfarçado, aplicado entre 10 e 31 de maio de 2019.

A pesquisa configura-se como sendo de natureza aplicada, com objetivo exploratório e estudo de caso. Com relação à forma de abordagem, a pesquisa foi quantitativa, integrando: análise fatorial; análise de conglomerados; análise de investimentos. Por ser uma sequência da pesquisa intitulada “PARCERIAS EMPRESARIAIS PARA CRIAÇÃO DE CONSÓRCIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO” e faz uso do mesmo banco de dados, as duas primeiras abordagens são expostas e detalhadas no referido texto. Já a análise de investimentos está detalhada nas seções que seguem.

Procedimentos preliminares do estudo

De posse da definição dos agrupamentos de indústrias, porém antes da análise de investimentos propriamente dita, se fez necessário definir o caminho percorrido para formatação dos projetos de geração.

Para definir a potência de geração de energia elétrica do projeto, realizou-se levantamento do histórico de consumo de energia elétrica, no ato da entrevista à cada gestor das empresas participantes da pesquisa. De posse desse levantamento calculou-se a média - média aritmética simples conforme Sartoris (2003) - do consumo de energia elétrica das empresas nos últimos dozes meses.

Partindo da média de consumo mensal de energia elétrica, foi possível identificar a potência da termelétrica que atende à necessidade das empresas participantes do consórcio, tornando possível definir os detalhes técnicos dos projetos, junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia.

De posse da medida de energia (kWh) se identificou a medida de potência (kW), que conforme Lemes (2019) é dada por:

$$P = \frac{E}{\Delta T} \quad (1)$$

Em que: P = Potência Elétrica (kW); E = Energia (kWh); ΔT = Intervalo de tempo (horas).

Um agravante para encontrar empresas de engenharia dispostas a participar na elaboração de proposta comercial residiu no fato do projeto em estudo ser considerado de pequena dimensão, sob a ótica da potência de geração. Desta forma, apenas uma empresa manifestou interesse na elaboração de proposta comercial contributiva para a pesquisa.

No presente estudo, levou-se em consideração o sistema de geração pura de eletricidade em ciclo a vapor (Rankine) e não o sistema de geração combinada de calor e eletricidade (cogeração). Maiores detalhamentos sobre os dois sistemas podem ser encontrados em Barja (2006). A escolha por sistema de geração pura está associada ao perfil das indústrias envolvidas na pesquisa, que têm disponibilidade de combustível (geração pura) e não de vapor (cogeração).

Formação do fluxo de caixa para análise de investimentos

O projeto de investimento tratado na pesquisa foi de ciclo de vida determinado (25 anos), compatível com o utilizado na pesquisa de Ribeiro (2018) e com os contratos de empreendimentos de geração de fonte termelétrica à biomassa resultantes dos leilões de geração, promovidos pela agência reguladora, conforme AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020).

No que se refere à composição das saídas de recursos no fluxo de caixa, considerou-se o entendimento de Tolmasquim (2016). Para o autor, os desembolsos envolvidos na geração de energia elétrica podem ser classificados em dois grupos: investimento e custos de geração (operação, manutenção e relacionados a consumo de combustível).

Com relação ao capital de giro, o mesmo não foi considerado na análise. Segundo Timofeiczky Junior (2004), o capital de giro mostra-se necessário em projetos de investimentos em que as despesas antecedem às receitas. No caso dessa pesquisa, tão logo o projeto se inicia, as empresas participantes sofrem desoneração na compra da energia elétrica junto à distribuidora local, pois passam a gerar sua própria energia. A desoneração é imediata e, assim, as despesas não se antecedem à receita.

Em se tratando de Investimento e reinvestimento, os bens móveis, imóveis e equipamentos necessários à execução dos projetos foram orçados junto a fornecedores especializados, contendo o frete e montagem, quando necessário. A relação dos mesmos consta no Quadro 1.

Quadro 1. Detalhamento dos investimentos necessários para o projeto

Tipo	Quantidade	Item	Vida útil	Depreciação anual
Imóvel	1	Barracão pré-fabricado	25 anos	4%
Móvel	1	Mesa de escritório	10 anos	10%
	1	Cadeira de escritório	10 anos	10%
	1	Microcomputador (gabinete, monitor)	5 anos	20%
Equipamento	1	minicarregadeira, moega de recebimento com fundo móvel; transportador de calha; painel eletrônico para acionamento e comando; componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine	10 anos	10%

Fonte: Os autores, 2019, com base em Receita Federal (2017).

O cálculo de depreciação utilizado foi o linear, aplicado por regime de caixa, não de competência, que conforme Timofeiczuk Junior (2004) é dado por:

$$D_e = (VA - VR) / Vu \quad (2)$$

Em que: D_e = Depreciação (R\$/ano); VA = Valor de Aquisição (R\$); VR = Valor Residual (R\$); Vu = Vida útil (anos).

Os reinvestimentos são as aquisições necessárias para a substituição dos investimentos já deteriorados ou ultrapassados, ao longo do horizonte de planejamento, ou seja, ao longo dos 25 anos. Os reinvestimentos são efetuados no espaço de tempo predeterminado pela vida útil dos diferentes tipos de bens já enumerados.

A fonte de recurso considerada no presente estudo foi exclusivamente própria, não levando-se em consideração a utilização de capital de terceiros. Para fins de localização,

optou-se por considerar a não necessidade de aquisição de imóvel para implantação do projeto, uma vez que a RN 687/2015 da ANEEL determina que o sistema de geração deve estar em uma unidade consumidora integrante do consórcio.

Para a planta de geração há a necessidade de um barracão pré-fabricado. No projeto se previu uma área construída de 855,20 m², sendo a área total do projeto de 2 mil m². Considerando que sobre a área total e área construída deve incidir o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), estimou-se também seu valor, a preço constante de maio de 2019, para fins de fluxo de caixa.

A especificação do número de funcionários e respectivos cargos, para composição do custo operacional do projeto foi levantado junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia. Para determinação dos salários dos funcionários, partiu-se do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019).

No referido termo, não há especificação referente à remuneração diferenciada para operador de caldeira frente à remuneração de um auxiliar. Considerando ser prática comum, entre as empresas participantes da pesquisa, o operador realizar curso de capacitação e ser remunerado de forma diferenciada na função, fez-se uso dos parâmetros usuais médios adotados pelas empresas locais que é a remuneração adicional de 20% para o operador de caldeira.

Não foi objetivo da pesquisa calcular o chamado “custo do trabalho” para cada posto de trabalho que compôs o quadro de funcionários do projeto em estudo, de maneira a estabelecer um valor. Um cálculo já existente e consolidado na literatura é o de Pastore (1996), que considerou a Constituição Federal e a Consolidação das Leis do trabalho, CLT, e concluiu que um trabalhador da indústria custa 102,06%, além do registrado em carteira. Apesar do cálculo de Pastore ser realizado na década de 1990, ainda é atual, pois de acordo com Krein et al. (2019), no Brasil, nos anos 1990 e 2000, apesar de se verificar algumas mudanças na legislação, essas não foram estruturais no marco regulatório. Para o autor apenas com a aprovação da Lei nº 13.467/2017 que o país se inseriu no rol dos países que implementaram reformas trabalhistas nas últimas décadas. De acordo com Carvalho (2017), a referida Lei de 2017 trata essencialmente de flexibilizações negociadas diretamente entre patrão e empregado. Dado o contexto, o custo do trabalho seguiu a consideração de Pastore.

A partir do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019) se identificou o piso remuneratório previsto para trabalhadores do segmento. A partir desse valor se estimou o custo operacional para o projeto.

O passo seguinte consistiu em identificar o custo de manutenção do projeto. Esse seguiu o padrão estabelecido pela empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia (A1 Engenharia, 2019), sendo de 1% ao ano sobre o valor do investimento ou reinvestimento.

Também se considerou o custo de oportunidade do projeto. Segundo Denardin (2004), esse surge quando o tomador de decisão opta por uma determinada alternativa de ação em detrimento de outra viável e mutuamente exclusiva. Para o autor, o custo de oportunidade representa o benefício que foi desprezado ao escolher uma determinada alternativa. A empresa consorciada que receber a planta de geração em seu imóvel perderá uma área útil de 2.000 m², referente à área mínima necessária para a execução do projeto. Assim, a empresa perde a oportunidade de usufruir dessa área. Considerou-se como custo dessa oportunidade renunciada o valor do aluguel do terreno. O preço do aluguel do terreno em distrito industrial foi definido mediante consulta a três imobiliárias locais, sendo o valor médio de R\$1,25/m² ao mês.

De forma semelhante, a biomassa também foi considerada custo de oportunidade uma vez que a fração produzida e não consumida pelas empresas até então é comercializada no mercado. Foi considerado custo de oportunidade porque as empresas devem renunciar parte da atual receita que auferem com a venda da biomassa. Dessa forma, o valor que corresponde à renúncia de receita da venda da biomassa compõe o custo de geração, sob a nomenclatura de custo de oportunidade.

O consumo de biomassa da termoelétrica foi estimado pela empresa de engenharia e para determinar o gasto com biomassa considerou-se a biomassa produzida nas empresas participantes da pesquisa. Após identificar a quantidade e tipo de biomassa que as empresas produzem, mas não consomem, portanto vendem, confrontou-se essa quantidade com a necessidade de biomassa dos projetos. Com isso foi possível identificar se a biomassa não consumida nas empresas é suficiente para atender a necessidade do projeto.

Na prática, as empresas consorciadas produzem a biomassa que necessitam para a geração de sua energia elétrica e simplesmente direcionam para a termoelétrica, na

quantidade correspondente à sua necessidade. Não há tributação sobre a biomassa, pois não há operação comercial nesse caso.

Para calcular esse custo de oportunidade da biomassa optou-se por considerar o preço médio ponderado do cavaco negociado pelas empresas participantes na pesquisa, referente a maio de 2019. A ponderação foi necessária por existir grande diferença, de uma empresa para outra, no volume do cavaco comercializado mensalmente. Cabe ressaltar que a média ponderada foi utilizada após a verificação de que nenhum comportamento econômico ocasionou desajuste momentâneo no mercado, repercutindo positiva ou negativamente no preço. Tal verificação se deu por meio da análise histórica do preço do “cavaco sujo”, que tem sua média calculada pelo Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná (SEAB). Segundo o DERAL/SEAB (2019), o preço do “cavaco sujo”, para o município de Guarapuava se manteve estável nos últimos quatro anos que antecederam a pesquisa.

Com relação ao transporte da biomassa, das indústrias consorciadas até a termelétrica, estimou-se a distância média e valor dos pisos mínimos de frete, com base nas tabelas da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), conforme Resolução nº 5.842, de 23 de abril de 2019, tendo como base a Lei nº 13.703, de 08 de agosto de 2018.

Considerou-se também os custos de transação. Fundamentalmente, os custos de transação são os gastos que os agentes econômicos enfrentam quando compram e vendem no mercado, ou seja, são os custos com a negociação, elaboração e garantia de cumprimento de contrato (CONCEIÇÃO; COSTA, 2006; FIANI, 2002).

Para Caixeta e Wander (2015) e Mendes et al. (2002), uma das principais limitações na identificação desse tipo de custo reside na superficialidade dos estudos e na complexidade de se mensurar os custos de transação, uma vez que os mesmos sofrem alteração mediante característica da transação e do ambiente competitivo. Na presente pesquisa esse custo arbitrário foi tratado como custo necessário para elaboração e manutenção do contrato entre as empresas envolvidas no consórcio. Dada as limitações expostas considerou-se, a título de custo de transação, 2% sobre o valor do projeto.

No que se refere a entrada de caixa considerou-se a desoneração da fatura de energia elétrica das empresas participantes do projeto. Para estimar a desoneração das faturas de energia elétrica de cada uma das empresas realizaram-se os procedimentos detalhados no Quadro 2.

Quadro 2. Detalhamento da desoneração da fatura de energia elétrica

Simplificação de cálculo	Elemento	Descrição/detalhamento de cálculo
[1]	Projeto	Único
[2]	Cód. da Empresa	As empresas foram tratadas por códigos para manutenção do sigilo da informação
[3]	Horário de Consumo (*)	Ponta ou Fora da Ponta
[4]	Média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh)	Média do Consumo de energia elétrica de cada uma das indústrias em kWh
[5]	Grupo de tensão	A (alta) ou B (baixa)
[6]	Custo de Disponibilidade (R\$) (**)	Aplicável às indústrias conectadas em baixa tensão (Grupo B)
[7]	Tarifa com Tributos (R\$)	Tarifa com ICMS, PIS e COFINS
[8 = 4x7]	Valor Total do Consumo de energia elétrica com Tributos (R\$)	Produto entre a média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh) e a tarifa com tributos (R\$)
[9]	ICMS (R\$)(***)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) com a alíquota de ICMS (29% no Paraná)
[10]	PIS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) [descontado o (R\$) do ICMS] com a alíquota de PIS (varia entre 0,7622% e 0,8594% conforme o caso)
[11]	COFINS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) [descontado o (R\$) do ICMS] com a alíquota de COFINS (varia entre 3,5107% e 3,9583% conforme o caso)
[12 = 6+9]	Novo valor Total do Consumo com GD (R\$)	Somatório do custo de disponibilidade com o valor do ICMS
[13 = 8-12]	Desoneração da fatura de energia elétrica (R\$)	Diferença entre o valor total do consumo de energia elétrica com tributos (R\$) e o novo valor total do consumo com GD (R\$)

Nota: (*) O horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora - no caso da Concessionária Energisa é das 18hs as 21hs - considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.

O horário fora da ponta é o remanescente. (**) Indústrias enquadradas, junto à distribuidora, no grupo A (alta tensão) têm em suas faturas a continuidade da cobrança de valor referente à demanda contratada (em kW). Já as indústrias do grupo B (baixa tensão), arcam com um novo custo (de disponibilidade). (***) O ICMS, por se tratar de um tributo estadual, e sua isenção ainda não abarcar a geração compartilhada de energia, seu custo permanece na fatura de energia elétrica das empresas participante do projeto, mesmo após a participação na GD.

A desoneração da fatura de energia elétrica corresponde a recurso mensalmente disponível no caixa das empresas consorciadas, que antes da implantação do projeto era direcionado para pagamento da energia elétrica consumida junto à distribuidora local. Com esse recurso cada empresa participante do consórcio paga sua cota-parte dos custos da termoelétrica, já enumerados, na proporção da potência instalada de geração para atender a necessidade de energia elétrica de cada empresa. A desoneração acontece a partir do primeiro mês de operação da planta de geração.

Os valores residuais dos bens também compuseram as entradas de caixa. Considerou-se a não existência de mercado secundário ao final de sua vida útil de cada bem. Para Souza e Clemente (2015), é razoável que esses bens passem a apresentar somente valor de sucata. Esse entendimento aplica-se ao caso, pois o sistema de geração utilizado, com o tempo, com o contato com fogo (caldeira) e com a água apresenta processo corrosivo e necessita ser substituído. Assim, o valor residual considerado foi simbólico e para fins de registro correspondeu a 2% sobre o respectivo valor do investimento. Para os itens que, ao final do projeto, não chegaram ao final de sua vida útil, considerou-se depreciação parcial.

Método de análise de investimentos

De posse do fluxo de caixa, com especificação das saídas e entradas, ao longo da vida útil do projeto (25 anos), é possível fazer uso dos indicadores de viabilidade econômica. Trabalhou-se com valores e taxas reais a preço constante referente maio de 2019.

Segundo Gitman (2007), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), quando se trata de pessoa jurídica, deve levar em consideração, além da taxa de remuneração do capital, uma taxa para remunerar o risco. Castro e Lyra Filho (2005), ao tratar do setor elétrico brasileiro, já salientavam que seja na situação da época ou em expectativa futura, os riscos de investimentos e de contratação de energia são inerentes ao setor elétrico.

Gonçalves (2015) entende que as taxas de retorno previstas para os investidores do setor elétrico ficaram muito distantes do necessário para atrair os investimentos desejados. De forma prática, o autor entende que as taxas internas de retorno oferecidas e calculadas a partir da média entre as taxas oriundas das diversas fontes de financiamento, têm sido sistematicamente menores do que o retorno entendido como adequado para remunerar apropriadamente tais investimentos, dado o seu nível de risco.

Dessa forma, corroboram com o entendimento de Gonçalves (2015) os trabalhos que fazem uso de TMA mais elevada, tais como: Dassi et al. (2015) e Bueno (2018) que avaliaram a viabilidade econômica da implantação de sistema fotovoltaico e utilizaram TMA de 10%; Macedo et al. (2017), ao analisar a viabilidade econômico-financeira de um potencial parque de geração de energia eólica em diferentes localidades do Brasil e estimou TMA de 13,12%; Ribeiro (2018), que realizou análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal e destacou que projetos de energia costumam utilizar TMA real de 10% a 12% ao ano. Buscando a razoabilidade entre os autores citados e o cenário econômico brasileiro até maio de 2019, optou-se para utilizar TMA real de 9% ao ano.

As técnicas de análise de investimentos podem ser divididas em dois grupos: técnicas que servem para selecionar projetos e técnicas que servem para gerar indicadores adicionais para os projetos já selecionados. Na primeira categoria estão os chamados Métodos Robustos de Alternativas de Investimentos como o Valor Presente Líquido (VPL). Já na segunda categoria estão os chamados Métodos Classificatórios (ou de corte), como o Método da Taxa Interna de Retorno (TIR), Razão de Benefício/Custo (IBC) e Método do Período de Recuperação do Capital (Pay-back) (SOUZA; CLEMENTE, 2015). Para Oliveira (2008), Eletrobrás et al. (2008), Puccini (2011), Ryba et al. (2012), Nunes (2016), Bruni e Famá (2017), os métodos citados são os mais difundidos para a análise de investimentos, o que motivou a escolha.

O cálculo do VPL, conforme Souza e Clemente (2015), é dado por:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto (TMA).

Para Puccini (2011), o projeto deve ser aceito no caso de o VPL ser positivo. De acordo com Assaf Neto (1992), VPL negativo evidencia um retorno inferior à taxa mínima requerida, mostrando-se desinteressante sua aceitação. Assim, por dedução, quanto maior e mais distante de zero estiver VPL, mais interessante mostra-se o projeto em estudo.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero. Para Puccini (2011), sua grandeza é dada pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} = zero \quad (4)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto (TIR).

A atratividade, do ponto de vista financeiro, de um projeto é identificada ao comparar a TIR com a TMA. A regra para decisão sobre a TIR está na sua grandeza relativa. Segundo Souza e Clemente (2015), se a TIR for maior que a TMA o projeto mostra-se viável.

Sampaio Filho (2008) lembra que a TIR eventualmente pode apresentar mais de uma solução. Isso é possível em projetos que tenham várias inversões de sinal entre fluxos de caixa positivos e negativos. Projetos com essa característica são denominados não convencionais. De acordo com o autor, Norstrom demonstrou que o fluxo de caixa não convencional admitirá uma única solução positiva para a TIR, desde que: o primeiro fluxo seja negativo; o último positivo; a soma algébrica dos fluxos seja positiva; e não haja mais de uma variação de sinal na soma algébrica dos fluxos de caixa, acumulados em cada período. De acordo com Barbieri et al. (2007), nos casos em que a TIR existe e é única, a condição $TIR \geq TMA$ classifica claramente o projeto como aceitável.

Na sequência dos procedimentos, identificou-se a grandeza do IBC. O IBC se dá pela razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo esperado de Investimentos necessários para realizá-lo. O Índice Benefício Custo é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido (SOUZA e CLEMENTE, 2015). Seu cálculo, de acordo com Souza e Clemente (2015), pode ser descrito pela seguinte função:

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^n (CF_j)/(1+i)^j}{CF_0} \quad (5)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto ou TMA. CF_0 = Fluxo de caixa na data zero (inicial).

O passo seguinte foi identificar o tempo que o projeto leva para retornar o investimento inicial. Seu cálculo se deu pela soma dos valores dos benefícios, período a período de forma acumulativa, até que essa se iguale ao valor do investimento inicial. Para fins dessa pesquisa se fez uso do pay-back descontado.

A informação que o pay-back descontado oferece é referente ao período necessário para que o investidor retome o dinheiro que fora investido, considerando uma taxa de desconto, e a partir daí comece a obter ganhos de capital (OLIVEIRA, 2008). A metodologia do tempo de retorno descontado tem o adicional de ser calculado a partir de um fluxo descontado, o que retira o problema da não consideração do valor do dinheiro no tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partiu-se dos agrupamentos definidos no capítulo “PARCERIAS EMPRESARIAIS PARA CRIAÇÃO DE CONSÓRCIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO”, sendo esses os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Agrupamentos (AGR) resultantes da análise fatorial e de conglomerados.

AGR	Característica do agrupamento	Cód. da Empresa
1	Acreditam em parceria, dificuldades de gestão	1, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 23, 25, 26, 27, 28, 31
2	Descrentes de parcerias	4, 6, 8, 12, 19, 20, 21, 22, 24
3	Parceiros ideais (maduras em termo de organização e gestão e acreditam em parcerias)	5, 7, 15, 18, 29, 30, 32

Fonte: Os autores, 2019.

O agrupamento 3, com 7 empresas, mostrou-se o conjunto com melhor perfil para se organizar sob forma de consórcio contratual para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica. Esse agrupamento se constituiu de indústrias maduras em termos de

organização e gestão, empresas essas que acreditam em parcerias sendo, portanto, mais preparadas para integrar um consórcio de empresas.

Para definir a potência de geração da termoeétrica se levantou inicialmente o consumo de energia elétrica das empresas do agrupamento de interesse. A Tabela 2 sintetiza a quantidade consumida e o gasto com energia elétrica dessas indústrias.

Tabela 2. Consumo de energia elétrica das empresas do agrupamento 3.

N de empresas (*)	Tensão	Consumo médio mensal de energia elétrica fora da ponta (kWh)	Consumo médio mensal de energia elétrica na ponta (kWh)	Gasto médio mensal com consumo de energia elétrica com tributos (R\$)
5	A	1.188.145	104.226	773.238,17

Nota: (*) duas empresas optaram em não participar do estudo da potência da planta de geração e não disponibilizaram seus históricos de consumo de energia elétrica. Fonte: Os autores, 2019.

As empresas, em conjunto, consomem em média 1,29 milhões de kWh/mês de eletricidade, sendo 8% desse total em horário de ponta, em que o preço é 4,5 vezes maior que no horário fora da ponta.

A partir do consumo médio mensal de energia elétrica se identificou a potência de geração do projeto em estudo, bem como a necessidade de biomassa para atender a geração de energia. Sobre a biomassa, identificou-se que o pinus representa quase a totalidade (96,9%), eventualmente conjugado com outro tipo de madeira como o eucalipto.

De um total de 21.554 toneladas geradas mensalmente de biomassa nas empresas que participaram da pesquisa, 13.212 toneladas (61,3%) são destinadas ao mercado e 8.322 toneladas (38,6%) são utilizadas para consumo interno das empresas, na geração de calor. Da parte destinada ao mercado, o cavaco é a maior fração e corresponde a 11.443 toneladas mensais. Parte desse cavaco, até então comercializado, quando destinado para o projeto de geração, passa a compor o custo de oportunidade do consórcio de geração, com preço médio (média ponderada) de R\$58,05/tonelada.

De posse das informações de consumo médio de eletricidade das empresas do agrupamento e levantamento da disponibilidade de biomassa, se recorreu à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia, para levantar as especificações técnicas e orçamento do projeto. Os detalhamentos resultantes estão especificados na Tabela 3.

Tabela 3. Especificações técnicas do projeto de geração.

Elemento	Descrição	Grandeza	Unid.
Potência e geração	Potência bruta de geração	2,25	MW
	Fator de consumo Interno	0,13	(%)
	Fator de indisponibilidade	0,10	(%)
	Horas no mês	720	h
	Potência líquida	1,73	MW
	Energia líquida gerada (mês)	1.247,40	MWh
	Energia líquida gerada (ano)	14.968,80	MWh
Caldeira (*)	Pressão	27	bar (g)
	Temperatura	350	°C
	Vazão de vapor	15	t/h
Combustível (**)	Umidade na base seca	0,45	(%)
	PCI (***)	2.200	kcal/kg
	Consumo específico de combustível	2,55	t/MWh
	Consumo de combustível	5,73	t/h
	Combustível por mês	4.126,87	t

Fonte: A1 Engenharia (2019).

Finalmente, com as estimativas das saídas e entradas de recursos e as especificações técnicas do projeto, projetou-se o fluxo de caixa para posterior estimativas dos indicadores de viabilidade econômica. O fluxo de caixa projetado está apresentado na Tabela 4.

Destaca-se que o custo operacional do projeto corresponde a R\$28.125,72/mês e o montante investido por unidade de potência é de R\$4.445,60/KW.

Tabela 4. Fluxo de caixa projetado (em R\$).

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da fatura de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPTU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade-arrendamento	Custo de oportunidade-cavaco	Transporte-cavaco	Custo de transação
0	0	0	10.002.603	0	0	0	0	0	0	0
1	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
2	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
3	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
4	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
5	6.587.989	40	1.989	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
6	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
7	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
8	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
9	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
10	6.587.989	185.811	9.290.563	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
11	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
12	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
13	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
14	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
15	6.587.989	40	1.989	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
16	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
17	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
18	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
19	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
20	6.587.989	185.811	9.290.563	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
21	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
22	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
23	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
24	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
25	6.587.989	4.658.568	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002

Fonte: Os autores, 2019.

De posse do fluxo de caixa projetado, estimou-se os indicadores de viabilidade econômica (Tabela 5). Nota-se que o projeto apresentou Valor Presente Líquido acima de zero, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, com tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos (aproximadamente 4 anos). Também o Índice de Benefício/Custo foi superior a 1, o que indica que os benefícios financeiros do projeto são maiores que os investimentos e os custos de geração.

Tabela 5. Resultado dos indicadores de viabilidade econômica do projeto

Indicador	Resultado do indicador
Vida útil do projeto (anos)	25
Valor do Projeto (R\$)	10.002.602,85
TMA (% a.a.)	9,00
VPL (R\$)	15.771.630,94
TIR(*) (% a.a.)	28,99
IBC	2,58
Pay-back descontado (anos)	3,94

Nota:(*) A TIR, mediante utilização do critério de Norstrom, mostrou-se única para o projeto.

Para entender a magnitude da TIR é importante lembrar que a partir do momento que o projeto inicia sua operação, as empresas consorciadas deixam de remunerar os agentes da geração centralizada e passam a absorver os benefícios da geração distribuída. Enquanto não se implanta o projeto, as indústrias compram energia elétrica da distribuidora local remunerando-a, além de remunerar o serviço de geração e o serviço de transmissão.

Na literatura, há estudos de viabilidade econômica de Projetos com geração distribuída de energia elétrica a partir da biomassa, cujos resultados se mostram compatíveis com o projeto analisado nessa pesquisa. Tinoco et al. (2017), e Alves (2019) identificaram viabilidade econômica na geração distribuída de energia elétrica por biogás oriundo de dejetos animais. Para o primeiro autor, os resultados obtidos evidenciam VPL positivo em todos os casos (suínos, bovinos e cama de aves) e retorno do investimento em 5 anos. Para Alves (2019) dentre os diferentes cenários identificou também VPL positivo e retorno do investimento em 6,3 anos.

Com relação à geração distribuída e compartilhada, há de se ressaltar que a resolução que criou a modalidade é relativamente recente, final de 2015, e dessa forma a existência de trabalhos científicos e estudos de caso é ainda incipiente. No estado do Paraná em 2019 inaugurou a Ecooperativa, a primeira cooperativa de energia elétrica a partir de biomassa lenhosa da Região Metropolitana de Curitiba, localizada na Fazenda Rio Grande. Segundo a Ecooperativa (2019), a instalação de equipamentos para geração de energia de forma individual, exige aproximadamente 2 a 5 vezes mais investimento do que uma solução coletiva como a cooperativa de energia.

Estudo de geração de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal (cavaco de eucalipto), desenvolvido por Ribeiro (2018), apesar de não se referir à modalidade de geração distribuída e não se dar de forma compartilhada (consócio ou cooperativa), realizou análise econômica de um projeto de 10 MW. Ao tratar a venda de energia no ACR por meio da participação em leilões de energia nova, a TIR encontrada pelo autor foi de 15% ao ano. O resultado encontrado por Ribeiro (2018) corrobora para o resultado encontrado na presente pesquisa, uma vez que evidencia viabilidade mesmo considerando preço de energia em leilões, bem abaixo do preço da energia pago pelas unidades consumidoras que é a referência para estudos em Geração Distribuída.

CONCLUSÕES

Os resultados dos indicadores empregados na pesquisa corroboram para entendimento de viabilidade econômica do projeto estudado, sendo: VPL acima de zero, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos (aprox. 4 anos) e IBC superior a 1 (benefício>custo).

Há fortes indícios que sugerem a existência de viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um consócio de 5 indústrias de produtos de madeira instaladas no município de Guarapuava-PR, com projeto de geração bruta de 2,25MW e utilização de biomassa florestal (cavaco) como combustível.

REFERÊNCIAS

A1 ENGENHARIA. Termoelétricas e turbinas a vapor. Disponível em: <<https://a1.ind.br/energia.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, v. 57, n. 3, p. 195-204, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Leilão de energia garante investimento de R\$ 11,2 bilhões. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-energia-garante-investimento-de-r-11-2-bilhoes/656877?inheritRedirect=false> Acesso em: 12 de setembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, 19 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. Diário Oficial, seção 1, p. 45, v. 152, n. 230, 2 de dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Diário Oficial, seção 1, p. 94, v. 154, n. 207, 27 out. 2017.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. Estudos Avançados, São Paulo, v.31, n. 89, p. 285-297, 2017.

ALVES, R. B. Análise da viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás de suinocultura em terminação. 30f. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira, 2019.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. Caderno de Estudos, São Paulo, v. s/n, n. 6, p. 1-16, out. 1992.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL, APRE. Estudo Setorial 2017/2018. Curitiba: STCP, 2018.

BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. 1 Ed. Campinas: IEI Brasil, 2018.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; MACHLINE, C. Taxa interna de retorno: controvérsias e interpretações. GEPROS- Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 5, n. 4, p. 131-142, 2007.

BARJA, G. J. A. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. As decisões de investimentos. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

BUENO, A. P. M. Avaliação da viabilidade de sistema fotovoltaico conectado à

rede elétrica para irrigação com pivô central. 38f. 2018. Artigo Acadêmico (Trabalho de Conclusão Curso, Graduação em Engenharia Ambiental), Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CAIXETA, A. C. D.; WANDER, A. E. Nova Economia Institucional e Agronegócio: aplicações e limitações. *Conjuntura Econômica Goiana*, Goiânia, 2015, v. s/n, n.34, p. 33-42, 2015.

CARVALHO, S. S. Uma visão geral sobre a reforma trabalhista. *Boletim Mercado de Trabalho - Conjuntura e Análise*, nº 63, outubro de 2017.

CASTRO, R. ; LYRA FILHO, C. Um método de suporte a decisões sobre investimento e comercialização de energia elétrica no Brasil. *Revista Controle & Automação*, Campinas, v. 16, n.4, p.478-494, 2005.

CONCEIÇÃO, R. J.; COSTA, A. J. D. Custos de transação e estruturas organizacionais: um estudo de caso para o setor petrolífero. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP. Bauru, SP, Anais... XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2006.

DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICHELLO, R.; MOURA, G. D. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. *Congresso Brasileiro de Custos*, São Leopoldo-RS, v. 26, n. 1, p.1-16, 2015.

DENARDIN, A. A. A importância do custo de oportunidade para a avaliação de empreendimentos baseados na criação de valor econômico (economic value added - eva). *ConTexto*, Porto Alegre, v. 4, n. 6, p.1-20, 2004.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL / SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, DERAL/SEAB. Preços de produtos florestais. Disponível em: < <http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

ECOPERATIVA. Lançamento da Cooperativa de Energia Paraná 1 - Ecoperativa. Disponível em: < <http://www.ecoperativa.com.br>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

ELETROBRÁS; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; PROCEL INDÚSTRIA. Análise econômica de investimento: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2008.

FIANI, R. Teoria dos custos de transação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e prática no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p.267-276.

FONSECA, A. D. Biomass-to-liquids: uma contribuição ao estudo da obtenção de biocombustíveis sintéticos através da síntese Fischer-Tropsch. 143 f. 2009. Dissertação

(Mestrado em Energia) - Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 10 Ed. São Paulo: Harbra, 2007.

GONÇALVES, E. Percepção de risco no setor elétrico brasileiro. 2015.

Disponível em: <<https://ceri.fgv.br/publicacoes/percepcao-de-risco-no-setor-eletrico-brasileiro>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

HERSEN, A. Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica proveniente da biomassa florestal no município de Guarapuava, PR. 146f. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, Paraná, 2020.

KREIN, J. D.; OLIVEIRA, R. V.; FILGUEIRAS, V. A. As reformas trabalhistas: promessas e impactos na vida de quem trabalha. Caderno CRH, Salvador, v.32, n. 86, p. 225-229, 2019.

LEMES, A. S. Eletricidade básica. 27f. 2019. (Apostila) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus de Presidente Epitácio. Presidente Epitácio, 2019.

MACEDO, C. A. A.; ALBUQUERQUE, A. A.; MORALLES, H. F. Analysis of economic and financial viability and risk evaluation of a wind project with Monte Carlo simulation. Gestão & Produção, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 731-744, 2017.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MENDES, K.; FIGUEIREDO, J. C.; MICHELS, I. L. A nova economia institucional e sua aplicação no estudo do agronegócio brasileiro. Revista de Economia e Agronegócio, Viçosa, v.6, n.3, p.309-342, 2002.

NUNES, S. D. M. Análise e avaliação de um projeto de investimento em ativos reais. 81 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão), Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

OLIVEIRA, M. H. F. A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de monte carlo e o vpl fuzzy. São Carlos: LG, 2008.

PASTORE, J. A batalha dos encargos sociais. Folha de São Paulo, São Paulo, 28 fev. 1996.

PREILIPPER, U. E. M.; DALFOVO, W. C. T.; ZAPPAROLI, I. D.; MAROUBO, L. A.; MAINARDES, E. L. Aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de

energia termelétrica no município de Marcelândia-MT. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 36, n. 02, p. 411-428, 2016.

PUCCINI; E. C. *Matemática financeira e análise de investimentos*. Brasília: CAPES/UAB, 2011.

RECEITA FEDERAL, RF. Instrução Normativa RFB nº 1700, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere

às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. *Diário Oficial da União*, seção 1, p. 23, 16 de mar. 2017.

RIBEIRO, G. B. D. *Análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica a partir da biomassa florestal*. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

RYBA, A.; LENZI, E. K.; LENZI, M. K. *Elementos de Engenharia Econômica*. Editora Intersaberes: São Paulo, 2012.

SAMPAIO FILHO, A. C. S. *Taxa interna de retorno modificada: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais*. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2008.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. *Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais - um estudo de caso*. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TINOCO, C. M. M.; SCANAVEZ, P. H. F.; MARTINS, J. C.; MARTINS, L. C. *Análise de viabilidade econômica da geração de energia elétrica por biomassa provinda de propriedades rurais*. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP. Joinville, SC, Anais... XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2017.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). *Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear*. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

SARTORIS, A. *Estatística e introdução à econometria*. São Paulo: Saraiva, 2003.

SILVA, D. A.; OSHIRO, C. R. *Energias naturais renováveis*. 117p. (Apostila) Curitiba: UFPR/PECCA, 2017.

SINDICATO DOS TRABALHADORES NAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO E DO MOBILIÁRIO DE GUARAPUAVA. Termo aditivo a convenção coletiva de trabalho 2019/2020. Disponível em: <<http://sticmguarapuava.org.br/convencoes.php>>. Acesso em: 6 de agosto de 2019.

SINDUSMADEIRA. Sobre. Disponível em: <<http://sindusmadeira.com.br/sobre/>> Acesso em: 02 de abril de 2019.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. São Paulo: Atlas, 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Distributed generation of electricity and its environmental impacts. Disponível em: <<https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>>. Acesso em: 30 de novembro de 2019.

VIEIRA, S. Como elaborar questionários. São Paulo: Atlas, 2009.

WORLD BIOENERGY ASSOCIATION. Global bioenergy statistics 2017. Disponível em: <<https://www.worldbioenergy.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

WORLD ENERGY COUNCIL, WEC. Data: biomass. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/>>. Acesso em: 15 de março de 2018.

Descrição morfológica e caracterização anatômica do colmo maduro do bambu gigante da Amazônia (*Guadua aff. lynnclarkiae*)

Autores:

Gabriela Soares Solá

Estudante de Engenharia Florestal,
Universidade Federal do Acre, UFAC

Maria Rosália Nascimento da Costa

Mestranda, Programa de Pós-
Graduação em Ciência, Inovação e
Tecnologia para Amazônia

Berenice Kussumoto de Alcântara

Professora Doutora da Universidade
Federal do Acre, UFAC

DOI: 10.58203/Licuri.20111

Como citar este capítulo:

SOLÁ, Gabriela Soares; COSTA, Maria Rosália Nascimento; ALCÂNTARA, Berenice Kussumoto. Descrição morfológica e caracterização anatômica do colmo maduro do bambu gigante da Amazônia (*Guadua aff. lynnclarkiae*). In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 180-194.

Resumo

O bambu do gênero *Guadua* é abundantemente encontrado no estado do Acre e tem potencial para uma variedade de usos, embora ainda seja negligenciado. A morfologia e a anatomia do bambu são importantes para identificação botânica, dando suporte para os trabalhos de bioprospecção, além de que conferem propriedades importantes para o uso do bambu. Assim, este projeto tem como objetivo realizar a descrição morfológica e caracterização anatômica de colmos adultos de bambu *Guadua aff. lynnclarkiae*. Para a análise, foram confeccionadas exsicatas que foram depositadas no herbário da UFAC sob número 22247 e foram coletadas amostras de colmos em plantio da FUNTAC. As lâminas anatômicas foram visualizadas por microscopia óptica. Observamos que os feixes vasculares dos colmos apresentaram diferenças em tamanho de metaxilema e floema que aumentavam de tamanho quando se aproximam do interior do colmo (parte oca), enquanto a espessura das fibras se torna menor. De acordo com a análise comparativa, o feixe vascular de *Guadua aff. lynnclarkiae* se agrupa em um quinto tipo de feixe que é proposto aqui neste trabalho.

Palavras-chave: Bambusoideae. Morfologia. Anatomia. Xilema. Floema.

INTRODUÇÃO

O estado do Acre, situado na região Sul-Occidental da Amazônia brasileira, apresenta uma grande reserva natural de bambu do gênero *Guadua* spp. Suas populações formam as imensas florestas abertas de bambu, com características de plantas arborescentes e com grande potencial vegetativo, geralmente apresentando espinhos nos colmos e ramos (SILVA et al., 2019). São encontradas espécies como *Guadua weberbaueri* que é um bambu lenhoso e espinhoso e apresenta na sua estrutura modular rizomas, brotos aéreos sem ramos e folhas, colmos com ramos e folhas verdes (SILVEIRA, 2001). Outra espécie é o *Guadua sarcocarpa*, um bambu lenhoso, provido de espinhos, apresentam entrenós ocos, rizomas em touceiras e são encontrados no Acre em áreas de capoeira e em clareiras (LONDOÑO & PETERSON, 1991). Outra espécie é o *Guadua chaparensis*, um bambu lenhoso, colmo verde esbranquiçado, sua ocorrência são na presença de rios e riachos e tem por nome popular “taboca ou taquara” (LONDOÑO & ZURITA, 2008).

Dentre algumas espécies que ocorrem naturalmente na vegetação do Acre, é registrada a presença de algumas manchas vegetativas formadas por populações de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, conhecida por marona no Peru, e taboca, tabocão ou taboca gigante no Acre (LONDOÑO, 2013; SILVA et al., 2019). É uma espécie de bambu arborescente, lenhoso e espinhoso, com rizoma paquimorfo e com longos ciclos reprodutivos. Seus colmos são cilíndricos e ocos, medindo 20-27 metros de altura e 9-17 cm de diâmetro (LONDOÑO 2013).

O bambu pode ter múltiplos usos que vão desde a construção civil até medicamentos e alimentos, sendo considerado uma fonte promissora para bioprospecção de novos produtos naturais (HOSSAIN et al., 2015). No entanto, devido ao rápido crescimento e à falta de conhecimento sobre seus usos, as espécies do gênero *Guadua* vêm sendo tratada como invasoras e, suas populações naturais vêm sendo reduzidas com o uso de fogo pela população local (SILVA et al., 2019).

Um problema em trabalhos de bioprospecção usando plantas é a dificuldade na identificação científica da espécie. Identificar uma planta significa reconhecer um determinado espécime integrante de um conjunto como sendo semelhante a uma descrição existente ou a outra planta já identificada. A falta de identificação ou uma identificação errada da espécie, anularia todo um trabalho de bioprospecção (MATOS,

2009). Assim sendo, este estudo visa descrever a morfologia de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* bem como realizar a caracterização anatômica para auxiliar em futuros trabalhos de identificação e bioprospecção.

O termo “aff.” é a abreviatura de *affinis*, e deve ser escrita em fonte normal, com ponto de abreviação, e significa que é uma espécie afim, próxima à espécie indicada. A espécie *Guadua lynnclarkiae* foi descrita por Londoño em 2013 e sua distribuição atinge a região de Moyobamba situada no Departamento de San Martín, ao noroeste do Peru, que apresenta entre 800 e 900 m de altitude. A espécie *Guadua lynnclarkiae* Londoño é frequentemente encontrada nas margens dos rios e córregos (LONDOÑO, 2013). No Acre, uma afinidade dessa espécie, na qual denominou-se *Guadua* aff. *lynnclarkiae* Londoño foi encontrada em 2017 em manchas na Vila do V, que pertence ao município de Porto Acre (SILVA et al., 2019). Sementes de bambu oriundas dessas manchas foram plantadas nas proximidades da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) em Rio Branco e até hoje carecem de estudos morfológicos e anatômicos.

Complementarmente à morfologia externa, as caracterizações anatômicas (morfologia interna), auxiliam nessa questão da identificação. A anatomia da madeira tem sido muito estudada, sendo um ramo da botânica que se ocupa no estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho (xilema secundário), suas funções, organização, peculiaridades estruturais e relações com a atividade biológica do vegetal (BURGER & RICHTER, 1991).

No que tange os colmos de bambu, que são lenhosos, porém possuem estrutura primária de monocotiledônea, o xilema e floema primários estão organizados em feixes vasculares, havendo poucos trabalhos que detalhem sua anatomia (GROSSER & LIESE, 1971; LONDOÑO et al., 2002; RODRIGUES et al., 2020). Sendo assim, pela razão de haver poucos estudos que tratam da anatomia dos colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*, as características anatômicas serão analisadas nesse trabalho e suprirão essa lacuna no conhecimento para a espécie.

Este estudo teve o objetivo de descrever a morfologia, bem como caracterizar a anatomia dos colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae* para fins de identificação botânica.

METODOLOGIA

Coleta do material vegetal

A coleta do material vegetal foi realizada na cidade de Rio Branco, em área particular adjacente à Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, durante o mês de outubro de 2021, no período matutino, com localização: latitude 9° 11' 50.8'' S e longitude 71° 58' 12,1 W. O material foi coletado em área de baixio, com a presença de palmeiras e lianas, próximo a um curso d'agua intermitente.

O espécime possuía, no momento da coleta, altura estimada entre 12 e 14 metros. O indivíduo foi plantado via sementes coletadas próximo ao Rio Purus, às margens do Lago do Silêncio, pelos funcionários da FUNTAC no ano de 2009. As exsicatas com amostras das folhas e ramos, bem como um pedaço do colmo maduro foi destinado para a identificação botânica no herbário da UFAC e para a caracterização anatômica. A identificação da espécie foi realizada com o auxílio da identificadora botânica Ximena Lodoño. Além da coleta do colmo para identificação, foi confeccionada uma exsicata para deposição no herbário do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre (UFAC) sob o número de identificação 22247.

De acordo com Pereira & Beraldo (2007) o colmo jovem apresenta uma coloração mais verde, possui folhas caulinares em seus nós inferiores e, em geral, está localizado na parte externa da touceira. Já os colmos com mais de três anos possuem coloração amarelada, já perderam as folhas caulinares, localizam-se mais ao interior da touceira e apresentam, em sua parede externa, manchas causadas por líquens. Dessa forma, para diferenciação entre colmo jovem e maduro foi avaliada a tonalidade do verde presente no colmo e da coloração do nó. O colmo jovem possui coloração verde-escura lisa e nós de coloração branca, enquanto o colmo maduro possui coloração verde-fosca com presença de líquens e nós sem as marcações brancas (Figura 1). Os colmos maduros foram fracionados com auxílio de um motosserra portátil para a confecção dos corpos de prova para as análises anatômicas.

Caracterização anatômica

As características químicas, físicas e mecânicas do bambu são definidas pela sua constituição estrutural e as propriedades do colmo são determinadas, principalmente,

pela estrutura anatômica. Dessa forma, o estudo anatômico pode se constituir como uma importante ferramenta para auxiliar na definição do potencial de uso e melhor forma de utilização das diferentes espécies, além de ser uma área determinante para estudos de taxonomia em bambus (LUÍS et al., 2017).



Figura 1. Diferença visual entre colmo jovem e colmo adulto de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Fonte: as autoras.

Para caracterização anatômica foi utilizada a metodologia utilizada por Grosser & Liese (1971) ao avaliarem a anatomia de 53 espécies de bambus da Ásia e agrupá-las em 4 categorias quanto ao formato, tamanho e agrupamento de feixes vasculares fornecendo a base para um sistema de classificação anatômico para o grupo. Foram utilizadas amostras dos entrenós da região central de colmos de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Os segmentos de entrenós foram colocados de molho em água por 72 horas (Figura 2a e 2b). Após isso, as larguras das amostras foram reduzidas com faca comum, para o acondicionamento em potes de vidros com álcool 70% (Figura 2c).

Assim, os potes foram submetidos ao cozimento em autoclave por 30 minutos a 120 °C e 1 atm. Devido à perpendicularidade das fibras dificultar os cortes no sentido transversal da amostra, as amostras foram submetidas a secagem a 100 °C e cortadas em Serra Circular, padronizando o comprimento em 2,6 cm (Figura 2d). Com o auxílio de um estilete, a largura foi padronizada em 1 cm (Figura 2e). Em seguida, as amostras foram

lixadas e submetidas à cortes histológicos transversais em espessuras de 40 μm no Micrótopo Leica SM 2010 de deslizamentos (Figura 2f).



Figura 2. Imagens de de *Guadua* aff. *Lynncarkiae*. Legenda: A) fragmentos do colmo do bambu antes do molho; B) depois do molho; C) fragmentação e acondicionamento em potes de vidro com álcool 70% para cozimento em autoclave; D) padronização do comprimento do comprimento; E) padronização da largura; F) Micrótopo de deslizamento utilizado para os cortes anatômicos.

Para montagem das lâminas anatômicas foi realizada a descoloração das paredes celulares com hipoclorito de sódio à 1% por 2 minutos, seguido de lavagem com água destilada três vezes, coloração com Safranina Basic Red por 2 minutos, e submetido a lavagem com álcool em diferentes concentrações sendo elas 50%, 70%, 96% e 100% respectivamente. Em seguida, na capela de exaustão de gases, foram confeccionadas lâmina semipermanentes utilizando Glicerina 1:1 como fixador do tecido e esmalte de base incolor para fixação da lamínula.

As lâminas foram visualizadas utilizando câmera Leica Application Suite em microscópio eletrônico e obtidas imagens a partir do software T-capture com uso da ferramenta Measure para mensurar área e diâmetros dos elementos de vaso.

Para medição dos elementos dos feixes vasculares o experimento foi dividido em três tratamentos ou zonas: periferia, centro e interior. Em cada faixa, 2 quadrados com aumento de 4x, para estimar a quantidade de elementos de vaso por mm^2 .

No aumento de 40x, foram medidas a área e diâmetro de vasos vasculares (xilema e floema) e esclerênquima (fibras) e comparados os valores nas diferentes faixas: periférica, central e interior. Mediu-se um total de 10 feixes vasculares por zona ou faixa. Além disso, de cada elemento de vaso, foram tomadas 10 células de fibra para mensurar a espessura média da parede secundária, totalizando 50 células de fibra por quadrado de 1 mm^2 , e 300 fibras em toda a lâmina. Além disso, buscou-se enquadrar a espécie *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em um dos 4 grupos de acordo com a variabilidade dos feixes vasculares definido por Grosser & Liese (1971).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na descrição morfológica foi observado que os indivíduos de 13 anos apresentavam altura estimada de 12-14 metros e 8 cm de diâmetro (Figura 3). Foi notado que o nó dessa espécie era solitário e de cor branca nos colmos mais jovens (colmos verdes-escuros e lisos), perdendo a coloração em colmos mais velhos (colmos verdes-foscas). A partir dos colmos observou-se ramos e galhos com espinhos em formato de pequenos ganchos. As folhas verdes apresentavam forma lanceolada que se fechavam ao meio no sentido longitudinal deixando as folhas com um aspecto linear quando os ramos eram retirados dos colmos. Os colmos apresentavam folha caulinar amarronzada e triangular, provida de pequenos tricomas mais escuros que se pareciam com pequenos espinhos e causavam irritações na pele de quem os manuseava.

A estrutura anatômica do colmo de bambu é como de qualquer outra monocotiledônea. A sua forma, tamanho, número e concentração dos feixes mudam continuamente da periferia do colmo para o centro (GROSSER & LIESE, 1981).

Grosser & Liese (1971) diferenciaram as zonas do colmo do bambu em 4: periférica, transição, central e interior. Para a espécie do presente estudo, não houve a necessidade de diferenciar a zona de transição devido à sua pequena proporção no colmo.

Foi observado que apenas o protoxilema não apresentou nenhuma diferença significativa nas três zonas. Os valores médios de diâmetro são mostrados na Tabela 1.

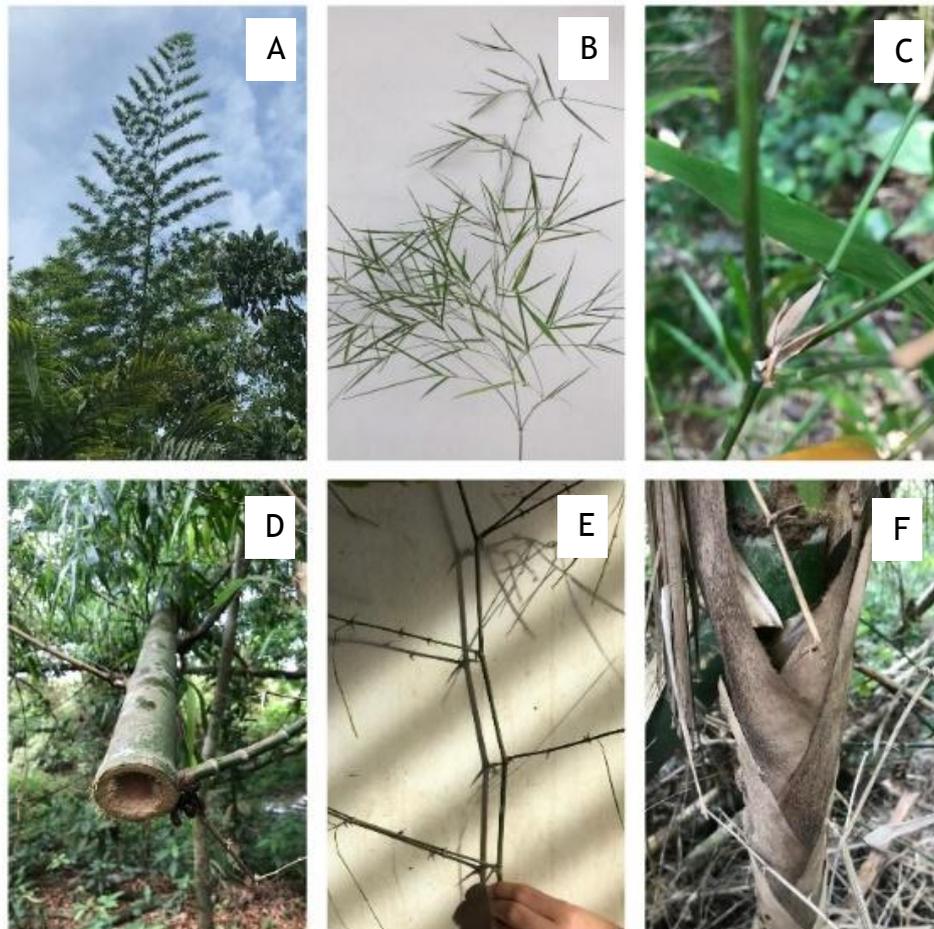


Figura 3. Morfologia externa de *Guadua* aff. *lynnclarkiae*. Legenda: A) Hábito arborescente e altura de 12-14 metros aos 13 anos de idade; B) aspecto de um ramo com folhas após o corte dos galhos; C) Pequenas folhas caulinares marrons nas ramificações; D) Aspecto do colmo (diâmetro de 8 cm) com ramificações alternas dísticas; E) Ramificação sem folhas evidenciando os espinhos em forma de pequenos ganchos (ramificação alterna dística); F) Folhas caulinares marrons e pubescentes ao redor dos colmos. **Fonte:** as autoras.

O trabalho de Marinho et al. (2014) analisando a anatomia de *Dendrocalamus giganteus* encontrou valores de espessura de fibra de 7,8 um na idade de quatro anos, que é a idade aproximada do colmo de *G. aff. lynnclarkiae* utilizado nas medições do presente estudo. O valor da espessura das fibras na região central foi quase a mesma do estudo, enquanto da região da periferia o valor foi superior. O diâmetro do lúmen foi inferior ao

encontrado no trabalho de Marinho et al. (2014) que variou de 6,68 um em colmos mais jovens a 10,22 um em colmos mais velhos, enquanto neste estudo o maior valor de diâmetro do lúmen foi de 9,14 um, encontrado na periferia do colmo maduro.

Assim, para uma adequada utilização das fibras é indispensável o conhecimento das modificações estruturais, além das características dimensionais nos diversos anos, o que tem sido investigado por estudos relacionando o conhecimento das diversas propriedades do bambu com a qualidade exigida para o produto (ABD.LATIF, 1993; ESPILOY, 1992).

Tabela 1. Média dos diâmetros do metaxilema, protoxilema, floema, espessura das fibras e lúmen na zona periférica, central e interior do corte transversal de colmo de *Guadua aff. lynnclarkiae*.

Diâmetro	Periferia	Centro	Interior
Metaxilema	130,4 a	154,15 ab	167,1 b
Protoxilema	55,4 a	64,55 a	62,7 a
Floema	153 a	183,75 a	204 b
Espessura das fibras	10,29 a	7,79 b	5,49 c
Lúmen	9,14 a	5,08 b	5,16 b

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente no Teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

A zona periférica, é composta por feixes vasculares imediatamente adjacentes ao córtex, que se dispõem geralmente em cadeias mais ou menos orientadas tangencialmente. GROSSER & LIESE (1981) afirmam que na parte externa do colmo, o tecido condutor dos feixes é muito reduzido e geralmente consiste apenas em 2 pequenos vasos e alguns tubos crivados com suas células companheiras (Figura 4).

Da mesma forma é possível observar que para *G. aff lynnclarkiae*, os valores médios de diâmetro do metaxilema da zona periférica são menores do que os metaxilema da região interior, possuindo espaço celular raramente visível. Apesar disso, as células de fibra da região periférica são relativamente maiores que das outras regiões. A espessura das fibras e o lúmen são 46,6% e 43,5% maiores do que na região interior, respectivamente. Isso mostra que as células das fibras da região periférica do colmo de bambu são mais grossas que as da região central e interior, indicando que a região periférica possui as fibras com maior resistência.

A segunda zona é a mais ampla e a distribuição dos feixes vasculares determina a aparência anatômica do corte transversal. Em direção ao centro do colmo, os feixes vasculares tornam-se maiores e mais amplamente distribuídos (GROSSER & LIESE, 1971; LONDOÑO et al., 2002). O diâmetro do metaxilema na região central do colmo de *G. aff lynnclarkiae* foram estatisticamente semelhantes aos da periferia, mas diferentes dos diâmetros do interior.

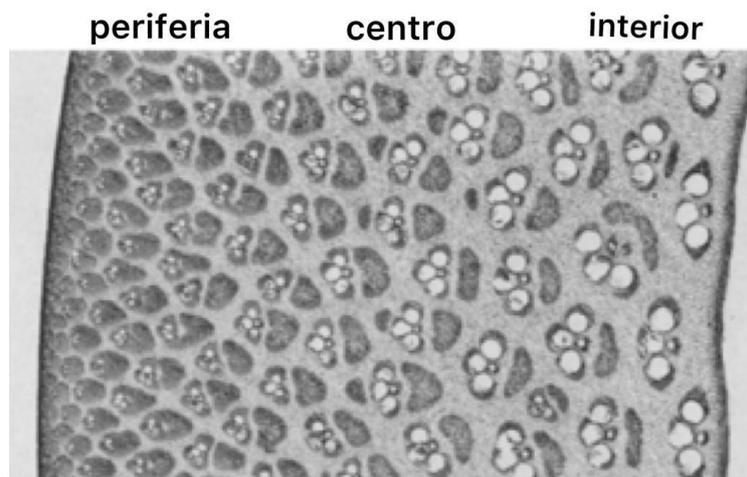


Figura 4. Representação das regiões ou zonas anatômicas do corte transversal do colmo do bambu. Série de setores através da parede do colmo - *Oxytenanthera nicrociliata*. Extraído de Grosser & Liese, 1971 (traduzido para o português).

Em direção à parte interna, os feixes vasculares são frequentemente pequenos, simplificados e desorientados (GROSSER & LIESE, 1971). De fato, o tamanho dos feixes vasculares na região interior é menor devido à menor quantidade de fibras, entretanto o tamanho dos elementos de vaso como metaxilema e floema são 28,4% e 33,3% maiores na região interior em relação à periferia.

A estrutura de um bambu em seção transversal é caracterizada por numerosos feixes vasculares embutidos no tecido fundamental parenquimatoso. Elas são maiores nas partes internas, mas parecem menores e mais densos na periferia (GROSSER & LIESE 1971) (Figura 5). Da mesma forma observou-se no presente trabalho que a estrutura transversal do bambu do gênero *Guadua spp.* possui mais feixes vasculares na periferia em relação ao centro. Na periferia os feixes são mais densos em fibras e menores em seus elementos

vasculares. Enquanto no centro e interior, há um espaço maior entre os feixes vasculares e a proporção de fibras é relativamente menor (Figura 5).

Grosser & Liese (1971) afirmam que perto da periferia os feixes são menores e mais numerosos, de modo que há apenas algumas células do parênquima entre eles. O colmo da espécie estudada apresenta em média 16,75, 13,25 e 12,25 feixes vasculares/mm² na periferia, centro e interior. Esses padrões podem ser observados na Figura 5 onde observa-se menor área ocupada por parênquima entre os feixes na periferia enquanto no interior os feixes são mais espaçados por células de parênquima.

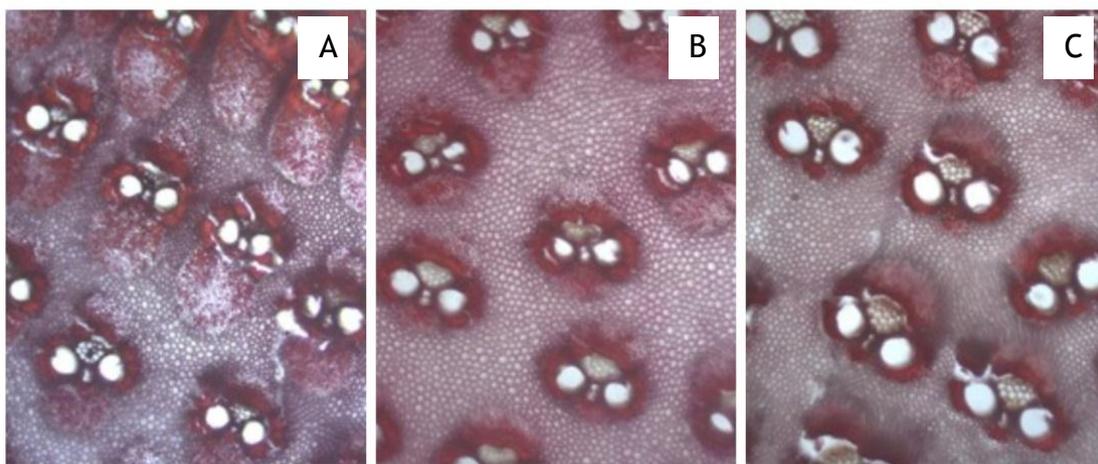


Figura 5. Feixes vasculares ao longo da parede do bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em aumento com objetiva de 4x em microscópio óptico. Região periférica (A), central (B), interior (C). **Fonte:** as autoras.

Utilizando as imagens capturadas no software T-capture, no aumento de objetiva de 10 x (Figura 6), buscou-se enquadrar a espécie *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em um dos 4 grupos de acordo com a variabilidade dos feixes vasculares definido por GROSSER & LIESE (1971).

De acordo com Grosser & Liese (1971), o feixe vascular que compõem o grupo I é constituído por tecido de suporte apenas com bainha de esclerênquima e apenas uma fita vascular central, além de possuir protoxilema com tilos. Esse grupo abrange todas as espécies com rizomas leptomorfos ao longo do colmo como único tipo (*Arundinaria*, *Phylostachys*).

O grupo II é constituído por uma fita vascular central, tecido de suporte apenas como bainhas de esclerênquima, bainha de esclerênquima no protoxilema notavelmente maior

que as outras e protoxilema sem tilos. Agrupa espécies com rizomas paquimorfos crescendo tanto em formação de colmo único (*Melocanna*) ou em touceiras (*Cephalostachyum*, *Schizostachyum*, *Teinostachyum*).

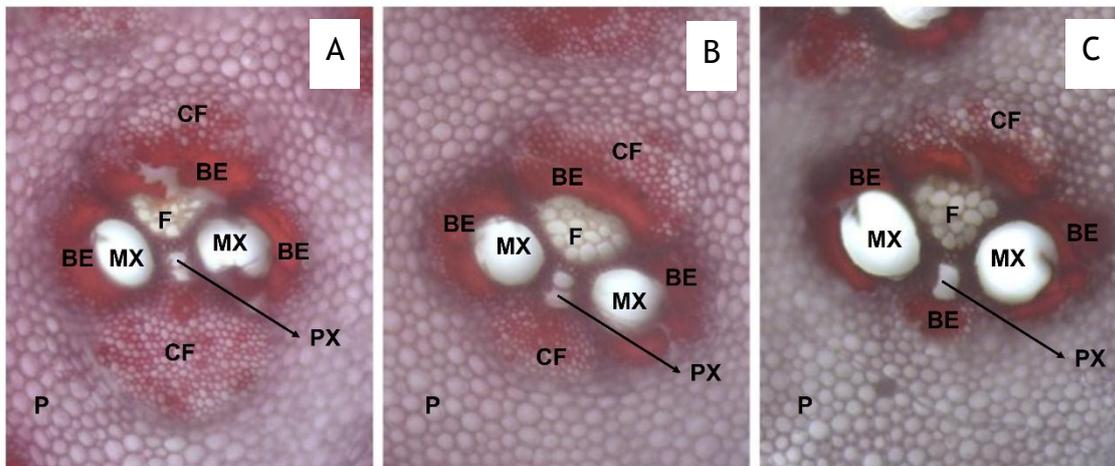


Figura 6. Feixe vascular do colmo de bambu *Guadua* aff. *lynnclarkiae* em aumento com objetiva de 10x em microscópio óptico. Feixe vascular da região periférica (A), central (B) e interior (C). Siglas: P - parênquima; BE - Bainha de esclerênquima (fibras mais densas); CF - cordão de fibras; MX - metaxilema; PX - protoxilema; F - floema. **Fonte:** as autoras.

O grupo III é composto por duas partes (cordão vascular central e um cordão de fibra), sendo o cordão de fibra dentro da fita vascular central, e bainha de esclerênquima no protoxilema geralmente menor que as demais. São comuns em espécies formadoras de touceiras com rizomas paquimorfos (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Thyrsostachys*). Em *Melocanna*, *Schizostachyum*, *Teinostachyum* combinam-se nos entrenós de base com o tipo II. Em algumas *Oxytenanthera* spp. ocorre como único tipo em todo o colmo.

O grupo IV é composto por três partes (fita vascular central e dois cordões de fibras), possui cordões de fibras tanto dentro como fora da fita vascular central. Ocorrem em espécies formadoras de touceiras com rizomas paquimorfos (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Thyrsostachys*); principalmente nos entrenós da base, raramente na parte média; sempre combinado com o tipo III.

Comparando os dados obtidos com o da literatura, propõe-se que a espécie estudada *Guadua* aff. *lynnclarkiae* se agrupa em um 5º tipo de classificação (tipo V) em

que o feixe vascular é constituído por uma parte (fita vascular central), o tecido de suporte apresenta bainhas de esclerênquima dentro da fita vascular central, a bainha de esclerênquima do protoxilema notavelmente é menor que as outras, os cordões de fibra próximos ao protoxilema são condensados junto à fita vascular central, o que foi também observado por Rodrigues et al. (2020) em *Guadua weberbaueri*, além de que os cordões de fibra reduzem de tamanho ao se aproximar da região oca do colmo (interior do colmo). Mais estudos são necessários para verificar se essas características se mantêm dentro do gênero *Guadua*, ou se é exclusivo de *Guadua aff. lynnclarkiae*.

CONCLUSÕES

O estudo descreve a morfologia externa de *Guadua aff. lynnclarkiae* em bambus maduros plantados com idade de 13 anos. A altura estimada variou de 12-14 metros e a média do diâmetro do colmo foi de 8 cm. Foram observadas características marcantes como espinhos em forma de pequenos ganchos nos galhos, folha caulinar marrom pubescente, ramificações alternas dísticas.

Com relação à anatomia do colmo maduro, o estudo propõe um novo agrupamento de feixe vascular para o bambu *Guadua aff. lynnclarkiae*. Nesse novo grupo proposto (tipo V) o feixe vascular é constituído por fita vascular central, o tecido de suporte apresenta bainhas de esclerênquima dentro da fita vascular central, a bainha de esclerênquima do protoxilema notavelmente é menor que as outras, os cordões de fibra próximos ao protoxilema são condensados junto à fita vascular central e reduzem de tamanho ao se aproximar do interior do colmo.

Este estudo abre portas para outros estudos anatômicos com o gênero *Guadua* para definir se esse novo tipo de agrupamento é inerente da espécie ou se é conservado dentro do gênero.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à André Gomes da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre por disponibilizar a infraestrutura do laboratório de Anatomia da Madeira, à Universidade Federal do Acre pela concessão da bolsa de iniciação científica para Gabriela Soares Solá

e à CAPES pela concessão de bolsa do mestrado (demanda social) para Maria Rosália Nascimento da Costa.

REFERÊNCIAS

- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- GROSSER, D; LIESE, W. On the Anatomy of Asian Bamboos, with Special Reference to their Vascular Bundles. **Wood Science and Technology**. Vol. 5. P. 290 - 312. Ed. Springer-Verlag. 1971.
- LONDOÑO X. Dos nuevos especies de Guadua para el Perú. **J Bot Res Inst Texas**, v. 7, n.1, p. 145-153, 2013.
- LONDOÑO, X.; PETERSON, P. M. Guadua sarcocarpa (Poaceae: Bambuseae), a new species of Amazonian bamboo with fleshy fruits. **Systematic Botany**, v. 16, p. 630- 638. 1991.
- LONDOÑO, X.; ZURITA. E. Two species of Guadua (Bambusoideae: Guaduinae) from Colombia and Bolivia. **Journal Botany Resource Institute Texas**, v. 2, p. 25-34. 2008.
- LONDOÑO, X; CAMAYO, G.C.; RIAÑO, N.M.; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. **Bamboo Science and Culture: The Journal of American Bamboo Society** v. 16, n. 1, p. 18-31. 2002.
- LUÍS, Z. G.; NOGUEIRA, J. S.; RIBEIRO, D. G.; SHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1 ed. 655 p. Rio de Janeiro. 2017.
- PEREIRA, M A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. **Canal 6 Projetos Editoriais**. 240 p. Bauru, SP. 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/131856667-Bambu-de-corpo-e-alma.html>
- HOSSAIN M.F.; ISLAM M.A.; NUMAN S.M. Multipurpose Uses of Bamboo Plants: A Review. **International Research Journal of Biological Sciences**. Vol. 4(12), 57-60, December (2015).
- MATOS, F. J. A; Introdução à fitoquímica experimental. **Editora UFC**. 3 ed. 150p. 2009.
- MARINHO, N. P., NISGOSKI, S., & Muñiz, G. I. B. de. (2014). Avaliação das dimensões das fibras de colmos de bambu, *Dendrocalamus giganteus* (Wall) Munro, em diferentes idades. **Ciência Florestal**, 24(1), 251-256. <https://doi.org/10.5902/1980509813342>

RODRIGUES, Y.A.S.; SANTOS, S.K.F.; COSTA, F.H.S.; OLIVEIRA JUNIOR, J.B.; BARBOSA, S.B.; LOBÃO, M.S.; ALCÂNTARA, B.K. Anatomical characterization of the roots, leaves and culms of *Guadua weberbaueri* in different growing environments. *Advances in Forestry Science*, v. 7, n. 2, p. 1025-1033. 2020. <https://doi.org/10.34062/afs.v7i2.9366>

SILVA, S. M. M.; PEREIRA, J. E. S.; SILVA, W. C. Conservação de diversidade de bambu *Guadua* no Acre. In: **Conservação e Tecnologias para o Desenvolvimento Agrícola e Florestal no Acre**, 1.ed., cap. 2, p. 61-77. 2019.

SILVEIRA, M. A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas. 109p. **Tese (Doutorado)**. Universidade de Brasília, Brasília. 2001.

ÍNDICE REMISSIVO

Adubação, 105, 141
Agrário, 11, 28
Agrícola, 17, 20, 26, 72, 103, 129, 195
Agricultura, 13, 17, 26, 64, 77, 103, 158, 165
Agroecologia, 12, 17, 25, 28, 71, 152, 154
Algodoeiro, 102, 103, 105
Amazônia, 4, 7, 32, 35, 45, 72, 111, 130, 140, 182,
Araucária, 64, 66
Árvore, 9, 102, 128, 129

Bambu, 194
Biofertilizante, 143
Biomassa, 42

Cerrado, 81, 86, 100, 105, 111, 124, 126
Cloreto, 94, 96, 98
Conservação, 195
Corymbia, 8, 9, 32
Crescimento, 64, 74, 100, 103, 127, 153
Cultivo, 154

Direito, 11, 26, 27, 28, 63
Dormência, 106, 115, 130
Dose, 80, 96, 98

Eletricidade, 178
Espécie, 71, 72, 75

Fabaceae, 106, 125, 126
Floresta, 10, 30, 43, 72, 129
Folha, 178

Germinação, 126, 128

Indústria, 28, 50, 158

Intemperismo, 45

Lavoura, 103, 105

Madeira, 2, 10, 29, 43, 50, 158, 192

Malvaceae, 4, 6, 75, 131, 136, 138, 139

Manejo, 64, 93, 101

Mudas, 117

Nitrogênio, 82, 84

Pinus, 39, 42, 46, 74

Planta, 130, 139

Potássio, 82, 90

Produção, 3, 62, 82, 153, 176

Protoxilema, 188

Semente, 111

Sustentável, 17, 18, 154

Temperatura, 96, 172

Teor, 86, 90,

Umidade, 96, 172