UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

ANÁLISE DE TRILHA DOS COMPORTAMENTOS FENOLÓGICOS DE MUDAS DE PARICÁ SOB DIFERENTES DOSES DE CÁDMIO

CHAPADÃO DO SUL- MS
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

ANÁLISE DE TRILHA DOS COMPORTAMENTOS FENOLÓGICOS DE MUDAS DE PARICÁ SOB DIFERENTES DOSES DE CÁDMIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aluno: Job Teixeira de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

CHAPADÃO DO SUL- MS
2025

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **Job Teixeira de Oliveira.**

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pelo curso de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul.

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque
Presidente da Banca Examinadora e Orientador

Prof. Dr. Everton da Silva Neiro
Membro da Banca Examinadora

Eng. Civil Caio Lucas Alhadas de Paula Velloso
Membro da Banca Examinadora

Eng. Agr. Luiz Eduardo Bezerra da Silva Moreira
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 26 de junho de 2025.

Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque**, **Professor do Magisterio Superior**, em 26/06/2025, às 14:15, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Everton da Silva Neiro**, **Professor do Magisterio Superior**, em 26/06/2025, às 14:18, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Caio Lucas Alhadas de Paula Velloso**, **Usuário Externo**, em 26/06/2025, às 14:24, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Luiz Eduardo Bezerra da Silva Moreira**, **Usuário Externo**, em 26/06/2025, às 14:28, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5707910** e o código CRC **B8697A5E**.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão, nº 5167

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000558/2025-17 SEI nº 5707910

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, inspiração e sabedoria concedidas durante todo o processo deste trabalho.

Ao meu querido pai Job Dias de Oliveira (*in memoriam*), que foi a pessoa que me apresentou os primeiros ensinamentos da engenharia florestal!

Minha sincera gratidão ao Professor Dr. Cassiano Garcia, pela orientação, paciência e apoio incondicional ao longo desta jornada. Ao professor Gileno, que é um guerreiro na coordenação do curso de Engenharia Florestal do CPCS.

Aos colegas e amigos do CPCS/UFMS, por suas parcerias, incentivos e auxílio nas etapas mais desafiadoras, sempre com disposição e comprometimento.

Aos companheiros de publicação: Glauco André dos Santos Nogueira, Vitor Resende do Nascimento, Priscilla Andrade Silva, Cândido Ferreira de Oliveira Neto. Ambos da Universidade Federal Rural da Amazônia – uma instituição parceira de muitos trabalhos e publicações!

Aos demais, meu sincero obrigado.

DEDICO

Às minhas queridas filhas Maria Fernanda e Stella. Que esta conquista sirva de inspiração nos seus estudos!

EPÍGRAFE

Aprendi o segredo, o segredo
O segredo da vida
Vendo as pedras que choram
Sozinhas no mesmo lugar

Querido e amado – Raul Seixas

SUMÁRIO

Sumário

LISTA DE FIGURAS 7
RESUMO 8
ABSTRACT 9
1 INTRODUÇÃO 10
2 MATERIAL E MÉTODOS 11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 13
4 CONCLUSÕES 17
5 REFERÊNCIAS 17
APENDICE 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de correlações entre atributos estudados nas mudas de paricá, onde: altura da muda de paricá (AL1 e AL2), diâmetro do caule da muda de paricá (DI1 e DI2), número de folhas da muda (FO1 e FO2), número de folíolos da muda (FL1 e FL2), clorofila "a" (CLA), clorofila "b" (CLB), clorofila "a e b, total" (CAB), Antocianina (ANT), Carotenoides (CRO) e conteúdo relativo de água (CRA). Pág. 14

Figura 2 – Analise de trilha dos atributos estudados nas mudas de paricá. Pág. 15

ANÁLISE DE TRILHA DOS COMPORTAMENTOS FENOLÓGICOS DE MUDAS DE PARICÁ SOB DIFERENTES DOSES DE CÁDMIO

RESUMO

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. amazonicum) é considerada uma das essências nativas mais utilizadas em reflorestamentos no país. O objetivo foi avaliar os comportamentos fenológicos de mudas de paricá, e identificar quais, que direta ou indiretamente, explicam a variabilidade do desenvolvimento das mudas; utilizando métodos da estatística multivariada. Foram utilizadas mudas de paricá, que após o 16° DAS (dia de aclimatação) das mudas em solução nutritiva, deu-se início a aplicação das concentrações de cádmio, na forma de cloreto de cádmio monohidratado ($CdCl_2H_2O$), nas concentrações de 0 (controle) mg L^{-1}; 10 mg L^{-1}; 20 mg L^{-1}; 30 mg L^{-1} e 40 mg L^{-1}, no qual, cada concentração correspondeu ao tratamento, considerado na análise de trilha como variável principal. A análise de trilha indicou que nos primeiros 60 dias de exposição ao cádmio, as mudas cresceram em altura e diâmetro, clorofila A e carotenoides, de forma direta. Os atributos altura de mudas e número de folhas foram influenciados de forma primária, negativa pelo tratamento de cádmio aos 80 dias, indicando correlação inversa, ou seja, com o aumento das dosagens de cádmio culminou em redução de altura e número de folhas nas mudas de paricá. Análises secundárias e negativas da análise de trilha destacam que o número de folíolos na segunda avaliação, aos 80 dias, tem correlação indireta significativa com altura, diâmetro e número de folhas. Essa verificação é interessante pois mostra que aumento do teor de cádmio a longo prazo (80 dias) nas mudas de paricá, reduz o número de folíolos em mudas que apresentaram desenvolvimento satisfatório em altura, diâmetro e número de folhas.

Palavras-chaves: *Schizolobium amazonicum*; Reflorestamento; Madeira para laminação; Metal pesado, Adubação; ILPF.

PATH ANALYSIS OF PHENOLOGICAL INDICES OF PARICÁ SEEDLINGS UNDER DIFFERENT DOSES OF CADMIUM

ABSTRACT

Paricá (*Schizolobium parahyba* var. amazonicum) is considered one of the native essences most used in reforestation in the country. The objective is to evaluate the behavior of the phenological indices of paricá seedlings, and identify which ones, directly or indirectly, explain the variability of seedling development; using multivariate statistical methods. Paricá seedlings were used, and after the 16th DAS of acclimation of the seedlings in a nutrient solution, the application of cadmium concentrations began, in the form of cadmium chloride monohydrate ($CdCl_2H_2O$), at concentrations of 0 (control) mg L^{-1}; 10 mg L^{-1}; 20 mg L^{-1}; 30 mg L^{-1} and 40 mg L^{-1}, in which each concentration corresponded to the treatment, considered in the trail analysis as the main variable. The trail analysis indicated that in the first 60 days of exposure to cadmium, the seedlings grew in height and diameter, chlorophyll A and carotenoids, directly. The attributes seedling height and number of leaves were influenced in a primary, negative way by the cadmium treatment at 80 days, indicating an inverse correlation, that is, with the increase in cadmium dosages culminating in a reduction in height and number of leaves in seedlings. Paricá. Secondary and negative analyzes of the trail analysis highlight that the number of leaflets in the second evaluation, at 80 days, has a significant indirect correlation with height, diameter and number of leaves. This verification is interesting because it shows that a long-term increase in cadmium content (80 days) in paricá seedlings reduces the number of leaflets in seedlings that showed satisfactory development in height, diameter and number of leaves.

Keywords: *Schizolobium amazonicum*; Reforestation; Wood for lamination; Heavy metal, Fertilizer; ILPF.

1 INTRODUÇÃO

A estimativa das correlações entre os caracteres é uma técnica amplamente utilizada pelos melhoristas. Contudo, a correlação entre duas variáveis pode ser influenciada por uma terceira variável, ou um grupo de variáveis. Para remover o efeito destas outras variáveis a análise de trilha é a técnica mais indicada (SOUSA et al., 2022). Ela permite desdobrar o coeficiente de correlação entre duas variáveis em efeitos diretos e indiretos. A variável a ser utilizada como critério de seleção indireta deve possuir alta correlação com a variável dependente principal, efeito direto alto e no mesmo sentido da correlação, além de ser mais fácil de mensurar (CRUZ, 2013).

Em 2022, a área total de árvores plantadas no Brasil, totalizou 9,94 milhões de hectares. Ressalta-se que, que o setor florestal possui uma das maiores carteiras de investimentos do Brasil. Entre 2022 e 2028, estão em andamento ou foram anunciados R$ 60,4 bilhões de aportes em florestas, pesquisa e desenvolvimento, além de novas unidades fabris. Trata-se de uma média de uma fábrica inaugurada por ano (IBÁ, 2023).

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. amazonicum) é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, considerada uma das essências nativas mais utilizadas em reflorestamentos no país, com cerca de 88 mil hectares de área plantada nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins (ABRAF, 2016). A espécie é nativa da Amazônia e apresenta rápido crescimento, madeira adequada à fabricação de forros, palitos, móveis, acabamentos em geral, molduras e, principalmente, laminados (MELO et al., 2013) e compensados (ARANTES et al., 2023). Por ser uma espécie heliófila, em condições ambientais favoráveis apresenta alto índice de sobrevivência em campo, destacando-se como alternativa em cultivos florestais puros ou sistemas silviculturais como em consórcios implantados, sob condições edafoclimatícas divergentes e com as mais variadas culturas agrícolas (DIAS et al., 2015).

Dentre os fatores abióticos, os metais pesados influenciam o crescimento e o desenvolvimento vegetal, para isso leva-se em consideração, o metal em estudo, a concentração desse metal e a condição genética do vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013). O desenvolvimento de atividades antrópicas como indústria, mineração, agricultura, descarte de lixo urbano tem sido, as principais ações que resultam no aumento da contaminação por metais pesados no solo, na água e no ar. Um dos metais mais nocivos

disponibilizados por essas atividades é o cádmio, e mesmo em baixas concentrações é muito tóxico principalmente nas estruturas das plantas (NOGUEIRA et al., 2022).

Neste contexto, o cádmio (Cd), é um exemplo de um metal pesado presente em diversas concentrações nos solos, classificado como um elemento não essencial, podendo atuar nas plantas como um potente inibidor de enzima, causando desta maneira diversos danos celulares mesmo em baixas concentrações. A exposição das plantas a esse elemento-traço resulta na degeneração das mitocôndrias e membranas celulares e mitose, além de interferir no processo de absorção de água podendo danificar o aparelho fotossintético (NEVES et al., 2016; PAIVA et al., 2021).

Método estatístico multivariado pode ser utilizado como ferramenta para avaliar a correlação dos comportamentos fenológicos das plantas por meio de um fluxograma estimando valores. As técnicas da estatística multivariada permitem extrair, a partir de um conjunto de dados, apenas as variáveis capazes de explicar uma parte significativa da variância total dos dados (de OLIVEIRA et al., 2022). Dessa forma, o objetivo do trabalho é avaliar os comportamentos fenológicos de mudas de paricá, e identificar quais, que direta ou indiretamente, foram influenciados por diferentes dosagens de cádmio, afetando o desenvolvimento das mudas; utilizando métodos da estatística multivariada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Belém, Pará, Brasil, com altitude média de 10 metros e classificação do clima é Af segundo Köppen e Geiger com temperatura média de 26,8 °C e umidade relativa de 95%.

2.2 Condução do experimento

Para o presente trabalho foram utilizadas mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), provenientes do viveiro comercial Belo Verde, localizado no município de Castanhal-PA, apresentando idade de aproximadamente 90 dias, as mudas encontravam-se em bom estado fitossanitário e homogêneas. As mesmas foram transportadas em papeis umedecidos, evitando-se a perda de umidade, e em seguida alocadas em vasos plásticos de polietileno, permanecendo em casa de vegetação por um período de 30 dias (DAS) de aclimatação.

Após a aclimatação, foi realizado o transplantio para vasos de Leoanard com capacidade de 4,6 L adaptados e envolvidos com papel alumínio (para minimizar a interferência da radiação solar no crescimento radicular), contendo areia lavada esterilizada. Os vasos de Leoanard continham solução com ¼ de força iônica com pH mantido entre 5,8 ± 0,5 utilizando-se soluções de NaOH ou HCl 1N, quando necessário, sendo trocadas as soluções semanalmente (SANTOS NOGUEIRA et al., 2022).

Após o 16° DAS (dias de aclimatação) das mudas de paricá em solução nutritiva, deu-se início a aplicação das concentrações de cádmio na forma de cloreto de cádmio monohidratado ($CdCl_2H_2O$). Para aplicação, o mesmo foi adicionado junto a solução nutritiva nas concentrações de 0 (controle) mg L^{-1}; 10 mg L^{-1}; 20 mg L^{-1}; 30 mg L^{-1} e 40 mg L^{-1}, no qual, cada concentração correspondeu a um tratamento, sendo esses, renovados a cada sete dias.

Para a determinação das concentrações de cádmio em folhas de plantas jovens de paricá, foram encaminhadas as amostras da respectiva parte vegetal para o Laboratório de Análises Químicas do Solo e planta. E assim, tais determinações foram tomadas como base por meio do comportamento da espécie em experimentos realizados por Fan et al. (2011), e os valores obtidos seguiram conforme as orientações do Conama nº 460/2013 referente a solos contaminados metais pesados (cádmio).

A coleta nas plantas ocorreu ao 60° e 80° DAS (período de exposição das plantas ao metal pesado) às 06:00 h, correspondendo assim, à coleta 1 e coleta 2, respectivamente. As concentrações do tratamento de cádmio (TR), foram analisadas como variável principal que exerce correlação direta positiva ou negativa com os comportamentos fenológicos das mudas de paricá.

2.3 Comportamentos fenológicos

Foram estudados nas mudas:

- altura da muda de paricá (AL1 e AL2), medindo-se com auxílio de uma régua milimetrada, a distância entre o hipocótilo da planta até o ponto mais alto, (cm),
- diâmetro do caule da muda de paricá (DI1 e DI2), medindo-se com auxílio de um paquímetro digital, o diâmetro da muda a um centímetro acima da superfície do solo, (mm),

- número de folhas da muda (FO1 e FO2), contando as folhas, (adimensional),
- número de folíolos da muda (FL1 e FL2), contando os folíolos da muda, (adimensional),
- clorofila "a" (CLA), obtido por intermédio do aparelho clorofilog da marca Falker, (mmol. Kg^{-1} MF),
- clorofila "b" (CLB), obtido por intermédio do aparelho clorofilog da marca Falker, (mmol. Kg^{-1} MF),
- clorofila "a e b, total" (CAB), obtido por intermédio do aparelho clorofilog da marca Falker, (mmol. Kg^{-1} MF),
- Antocianina (ANT), (mg $100g^{-1}$),
- Carotenóides (CRO), (mg $100g^{-1}$),
- conteúdo relativo de água (CRA),

2.4 Métodos estatísticos

Cada índice foi avaliado por meio da estatística descritiva. Este tipo de análise exploratória preliminar tem por objetivo descrever os parâmetros estatísticos, os quais ajudam a identificar tendência, dispersão e forma de distribuição dos dados (homogeneidade e normalidade). Todas as análises e gráficos da estatística descritiva foram realizados por meio do software RBio, de domínio público (BHERING, 2017).

Para expressar graficamente a relação funcional entre as estimativas de correlação entre os atributos estudado, será utilizada uma rede de correlação, na qual a proximidade entre nós (traços) foi proporcional ao valor absoluto entre sua correlação. A espessura das bordas foi controlada aplicando um valor de corte de 0,50, o que significava que apenas $|rij| \geq 0{,}50$ tiveram as margens destacadas. Por fim, será rodada análise de trilha com o uso do Software Genes (CRUZ, 2013) que estabelecerá as relações diretas e indiretas entre as variáveis estudadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na rede de correlações (Figura 1), podemos observar linhas verdes que representam correlações positivas e linhas vermelhas que representam correlações negativas. A espessura da linha representa maior ou menor grau de correlação entre atributos. Podemos observar uma estreita relação entre as clorofilas A, B e AB. Também

uma relação forte entre as alturas e diâmetros. Já em sentido oposto, o teor de carotenoides tem correlação inversa com as clorofilas.

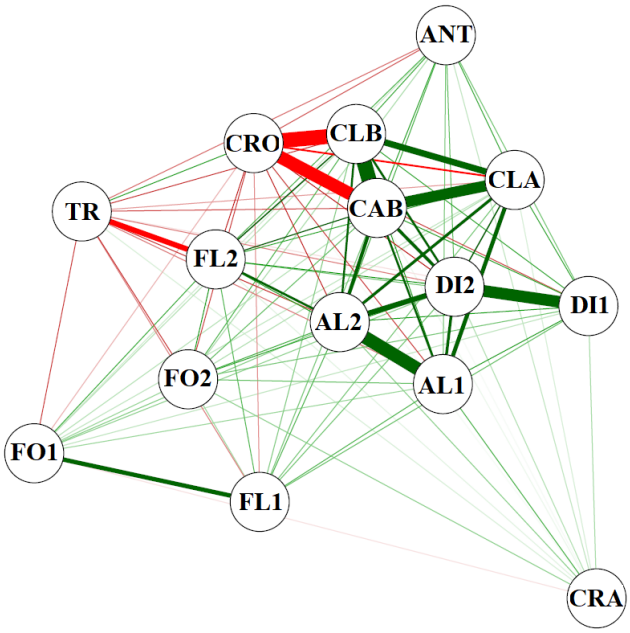

Figura 1 – Rede de correlações entre atributos estudados nas mudas de paricá, onde: altura da muda de paricá (AL1 e AL2), diâmetro do caule da muda de paricá (DI1 e DI2), número de folhas da muda (FO1 e FO2), número de folíolos da muda (FL1 e FL2), clorofila "a" (CLA), clorofila "b" (CLB), clorofila "a e b, total" (CAB), Antocianina (ANT), Carotenoides (CRO) e conteúdo relativo de água (CRA),

Fonte: Autores (2024).

Ao analisarmos a Figura 1, um ponto que chama destaque é o conteúdo relativo de água que expressa correlação positiva com todos os atributos estudados, indicando que plantas bem nutridas oferecem maior desenvolvimento em altura e diâmetro, folhas, folíolos, maior atividade fisiológica, representadas pelas clorofilas A, B e AB. Porém a rede de correlação só apresenta correlações diretas, 1 a 1, ou seja, entre um atributo e outro. Sem contar que este tipo de correlação possui multicolinearidade, ou seja, problema comum em regressões, no qual as variáveis independentes podem apresentar relações lineares (OLIVEIRA et al., 2020).

Desta forma, a Figura 2, representada pela análise de trilha, vem justamente corrigir a multicolinearidade e também informar correlações de forma direta e indireta

entre os atributos estudados. Sendo assim, verificamos que os atributos AL1, DI1, DI2, CLA e CRO foram influenciados de forma primária, positiva pelo tratamento de cádmio. Essa correlação indica que nos primeiros 60 dias de exposição ao cádmio, as mudas cresceram em altura e diâmetro, clorofila A e carotenoides, de forma direta.

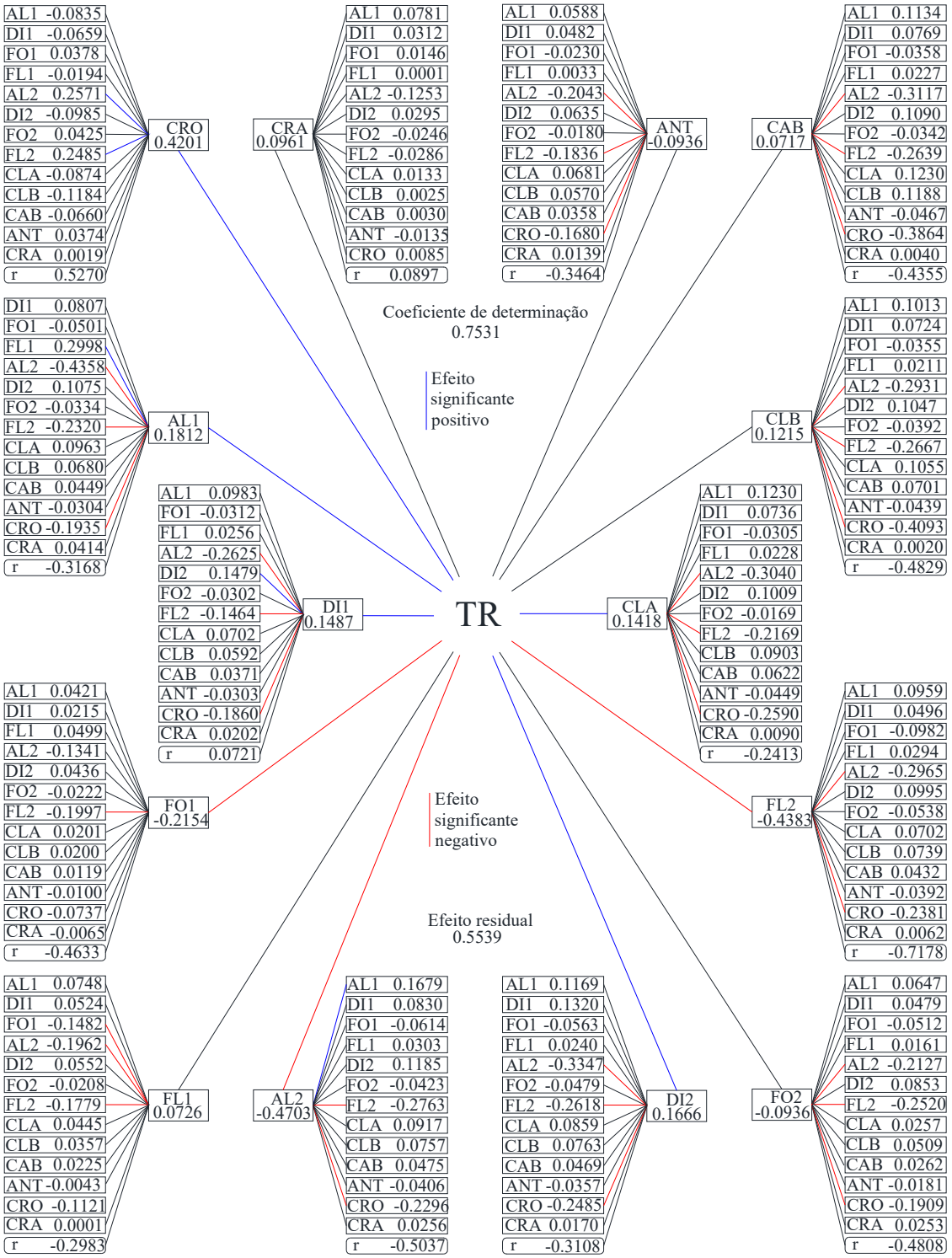

Figura 2 – Analise de trilha dos atributos estudados nas mudas de paricá.

Fonte: Autores (2024).

Os atributos, FO1, AL2 e FL2 foram influenciados de forma primária, negativa pelo tratamento de cádmio, indicando que o número de folhas e folíolos tem correlação inversa com o aumento das dosagens de cádmio do tratamento nas mudas de paricá, de forma direta. Os resultados mostraram que o Cd do solo teve influência negativa no crescimento de mudas do sassafrás e reduziu o crescimento líquido da altura da planta e a biomassa da folha, ramo e raiz (ZHAO et al., 2021). Estes mesmos autores relatam que os resultados indicaram que o estresse de cádmio teve certo efeito na peroxidação das membranas celulares internas nas mudas que resultou em danos na estrutura da membrana celular. A toxicidade induzida por Cd inibiu o acúmulo de biomassa, diminuição do crescimento de mudas do trigo, fotossíntese e teor de clorofila (ZHOU et al., 2022).

Análises secundárias e negativas foram verificadas em destaques pelo número de folíolos na segunda avaliação aos 80 dias, que tem correlação indireta significativa com AL1, DI1, FL1, AL2, DI2 e FO2. Essa verificação é interessante pois mostra que aumento do teor de cádmio a longo prazo (80 dias) nas mudas, reduz o número de folíolos em mudas que apresentaram desenvolvimento satisfatório em altura e diâmetro. O maior acúmulo celular de cádmio nos tecidos foliares, inibiu significativamente o crescimento e a fisiologia das mudas de algodão (KHAN et al., 2023).

O teor de carotenoides, aqui representado por CRO, apresentou análise secundária e negativa com os atributos AL1, AL2, DI1, DI2, FO2, CLA, CLB, CAB, ANT. O entendimento é que plantas que crescem em altura, diâmetro, clorofilas e antocianina, tendem a reduzir o teor de carotenoides, de forma indireta. Em diferentes níveis de estresse por cádmio, o teor de clorofila nas mudas primeiro aumentou e depois diminuiu, e que resultados refletem que o cádmio teve efeitos promotores da fotossíntese em baixas concentrações e efeitos supressores da fotossíntese em altas concentrações (ZHAO et al., 2021).

Os impactos do Cd no vigor das plântulas, abrangem não apenas resultados negativos, mas também neutros e positivos, dependendo da dose de Cd, propriedades do meio, espécies e genótipos de plantas, estágio e órgão de desenvolvimento da planta e abordagens de manejo (CARVALHO et al., 2023). Os autores ainda destacam que aumentar nossa compreensão dos mecanismos de tolerância das plantas em relação à

crescente poluição por Cd é relevante para apoiar programas de melhoramento, práticas agrícolas e políticas de saúde e meio ambiente.

No estudo dos comportamentos fenológicos de culturas, a estatística multivariada tem sido utilizada principalmente com análise de trilha, a exemplo do observado nos trabalhos realizados por Oliveira et al. (2018) com feijão; Oliveira et al. (2020) com alho, Pinheiro et al. (2021) com milho, Lima et al. (2020) em estudo com eucalipto. Porém a técnica de análise de trilha em paricá é escassa na literatura.

4 CONCLUSÕES

Os atributos altura de mudas e número de folhas foram influenciados de forma primária, negativa pelo tratamento de cádmio aos 80 dias, indicando correlação inversa, ou seja, com o aumento das dosagens de cádmio culminou em redução de altura e número de folhas nas mudas de paricá.

Análises secundárias e negativas da análise de trilha destacam que o número de folíolos na segunda avaliação, aos 80 dias, tem correlação indireta significativa com altura, diâmetro e número de folhas. Essa verificação é interessante pois mostra que aumento do teor de cádmio a longo prazo (80 dias) nas mudas de paricá, reduz o número de folíolos em mudas que apresentaram desenvolvimento inicial satisfatório em altura, diâmetro e número de folhas.

A análise da influência da dose de cádmio nas mudas de paricá e no cultivo de florestas plantadas, deve ser estendida ao uso sustentável em um sistema de produção de baixo carbono.

5 REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas** 2016: ano base. 2015. https://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2016/04/anuario-de-silvicultura-2016.pdf. Acesso 30/05/2022.

ARANTES, L. D. S., FURTINI, A. C. C., MOREIRA, R. G., GOMES, D. A. C., MENDES, L. M., GUIMARÃES, J. B. Avaliação de painéis sanduíche produzidos com núcleo de caixas de ovos e lâminas de paricá. **Ambiente Construído**, 23(2), 121-130. 2023. https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000200666

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology,** 17(2), p. 187 - 190. 2017. https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29.

CARVALHO, M. E., AGATHOKLEOUS, E., NOGUEIRA, M. L., BRUNETTO, G., BROWN, P. H., AZEVEDO, R. A. Neutral-to-positive cadmium effects on germination and seedling vigor, with and without seed priming. **Journal of Hazardous Materials**, 448, 130813. 2023. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130813.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35(3), 271-276. 2013. Doi: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251.

de OLIVEIRA, R. M., de OLIVEIRA, R. A., CASTRO, T. R., BOTELHO, M. E., RODRIGUES, R. D., PLAZAS, G. M. R., OLIVEIRA, J. Analise de trilha do teor de fósforo nos diferentes constituintes do milho irrigado. **Research, Society and Development**, 11(2), e16811225568-e16811225568. 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25568

DIAS, P. C., ATAÍDE, G. M., XAVIER, A., OLIVEIRA, L. S., PAIVA, H. N. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, 21(3), p. 379-386, 2015. https://doi.org/10.1590/01047760201521031467.

FAN, W., XU, Z., WANG, W. X. Metal pollution in a contaminated bay: Relationship between metal geochemical fractionation in sediments and accumulation in a polychaete. **Environmental Pollution**, 191 p. 50 - 57. 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.04.014.

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores. **Relatório 2023**. 91 páginas. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf. Acesso: 30/05/2024.

KHAN, A., JIE, Z., XIANGJUN, K., ULLAH, N., SHORT, A. W., DIAO, Y., XIONG, Y. C. Pre treatment of melatonin rescues cotton seedlings from cadmium toxicity by regulating key physio-biochemical and molecular pathways. **Journal of Hazardous Materials**, 445, 130530. 2023. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130530.

LIMA, P. R., MALAVASI, U. C., LOPES, M. M., DRANSKI, J. A. L., MALAVASI, M. D. M., GURGACZ, F., BORSOI, A. Lignina e flexibilidade caulinar em mudas de eucalipto submetidas a rustificação. **Ciência Florestal,** 30, 352-366. 2020. https://doi.org/10.5902/1980509833047.

MELO, R. R., DEL MENEZZI, C. H. S., SOUZA, M. R., STANGERLIN, D. M. Avaliação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e de superfície de lâminas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Revista Floram,** 20(2), p. 238-249. 2013. http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.004.

NEVES, P. A. P. F. G., PAULA, M. T., AMARANTE, C. B., CARNEIRO, B. S., FAIAL, K. C. F., MENDES, L. C. S., BOTERO, W. G., SERRÃO, C. R. G., DANTAS FILHO, H. A. Determinação de metais em espécies florestais da amazônia. **Revista Virtual de Química**. 8, p. 87 - 97. 2016. ISSN: 1984-6835.

NOGUEIRA, G. A. D. S., BRITO, A. E. D. A., RESENDE, V. N., ALBUQUERQUE, G. D. P., AMARANTES, C. B. D., OLIVEIRA, J. T. D., OLIVEIRA NETO, C. F. D. Nitrogen and carbon metabolism evaluation in paricá plants subjected to different cadmium concentrations. **Bioscience journal** (Online), 1-10. 2022. https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-61137.

OLIVEIRA, J. T., RIBEIRO, I. S., ROQUE, C. G., MONTANARI, R., GAVA, R., TEODORO, P. E. Contribution of morphological traits for grain yield in common bean. **Bioscience journal** (Online), 351-356. 2018. DOI: https://doi.org/10.14393/BJ-v34n2a2018-39701.

OLIVEIRA, J. T., OLIVEIRA, R. A., CUNHA, F. F., SILVA RIBEIRO, I., OLIVEIRA, L. A. A., TEODORO, P. E. Contribution of morphological variables in garlic bulb yield. **HortScience,** 55(6), 896-897. 2020. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI14996-20.

PAIVA, C. P., MACHADO, L. C., SOUSA, J. C. M., MORAES, V. C., CONCEIÇÃO, S. S., NOGUEIRA, G. A. S., OLIVEIRA, J. T., OKUMURA, R. S., SILVA, P. A., OLIVEIRA NETO, C. F. Influência do cádmio em desenvolvimento inicial de plantas de mogno africano. **European Academic Research**. Vol IX, Issue I, 1-15 p. 2021.

PINHEIRO, L. S., SILVA, R. C., VIEIRA, R.C., AGUIAR, R. O., NASCIMENTO, M. R., VIEIRA, M. M., SILVA, P. A. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea*

mays L.) em sistema de cultivo convencional. **Research, Society and Development,** 10(1), e8010110832-e8010110832. 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.10832.

SANTOS NOGUEIRA, G. A., ARAÚJO BRITO, A. E., NASCIMENTO RESENDE, V., PAMPLONA ALBUQUERQUE, G. D., AMARANTES, B., OLIVEIRA, T., OLIVEIRA NETO, C. F. Nitrogen and carbon metabolism evaluation in paricá plants subjected to different cadmium concentrations. **Bioscience Journal**, 38. e38085. 2022. https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-61137

SOUSA, R. F., de OLIVEIRA, I. R., de OLIVEIRA, R. A., de OLIVEIRA, J. T. Análise de trilha de atributos de um Latossolo manejado sob semeadura direta. **Nativa,** 10(3), 366-372. 2022. DOI: 10.31413/nativa.v10i3.13345.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª.ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 918 p. ISBN: 978-8536327952.

ZHAO, H., GUAN, J., LIANG, Q. Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. **Sci Rep** 11, 9913. 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-89322-0.

ZHOU, Z., WEI, C., LIU, H., JIAO, Q., LI, G., ZHANG, J., YANG, S. Exogenous ascorbic acid application alleviates cadmium toxicity in seedlings of two wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties by reducing cadmium uptake and enhancing antioxidative capacity. **Environ Sci Pollut Res** 29, 21739–21750. 2022. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17371-z.

APENDICE

UFSM

Ciência Florestal

ISSN 1980-5098
ACESSO ABERTO

Ci. Fl., Santa Maria, v. 34, n. 4, e85159, p. 1-14, out./dez. 2024 • https://doi.org/10.5902/1980509885159
Submissão: 22/09/2023 • Aprovação: 10/06/2024 • Publicação: 27/12/2024

Artigos

Análise de trilha dos comportamentos fenológicos de mudas de paricá sob diferentes doses de cádmio

Path analysis of phenological indices of paricá seedlings under different doses of cadmium

Glauco André dos Santos Nogueira[I], Job Teixeira de Oliveira[II], Vitor Resende do Nascimento[I], Priscilla Andrade Silva[I], Fernando França da Cunha[III], Cândido Ferreira de Oliveira Neto[I]

[I]Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil
[II]Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS, Brasil
[III]Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

Citação do artigo publicado:

dos Santos Nogueira, G. A., de Oliveira, J. T., do Nascimento, V. R., Silva, P. A., da Cunha, F. F., & de Oliveira Neto, C. F. (2024). Análise de trilha dos comportamentos fenológicos de mudas de paricá sob diferentes doses de cádmio. **Ciência Florestal**, 34(4), e85159-e85159. DOI: https://doi.org/10.5902/1980509885159

FIM