

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PRODUÇÃO VEGETAL**

**Sérgio Antônio Félix Júnior**

**Propagação vegetativa de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) por estaquia**

Montes Claros

2022

Sérgio Antônio Félix Júnior

**Propagação vegetativa de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) por estaquia**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ernane Ronie Martins

Montes Claros

2022

Félix Júnior, Sérgio Antônio.

F316p  
2022

Propagação vegetativa de erva-baleeira (varronia curassavica) por estaquia [manuscrito] / Sérgio Antônio Félix Júnior. Montes Claros, 2022.  
56f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Claudineia Ferreira Nunes, Nermy Ribeiro Valadares, Ernane Ronie Martins.

Inclui referências: f. 20-21; 32-33; 45-47.

1. Plantas medicinais – Teses. 2. Plantas – Propagação por estaquia – Teses. 3. Reflorestamento – Teses. I. Martins, Ernane Ronie . II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.88



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 05 dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e dois, às 14:00 horas, sob a Presidência do Professor Ernane Ronie Martins, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação das Professoras Claudineia Ferreira Nunes, D. Sc. (UFMG/ICA) e D.Sc. Nermy Ribeiro Valadares Possobom (Residência Pós-doutoral UFMG/ICA) reuniu-se, por videoconferência, a Banca de Defesa de Dissertação de **SÉRGIO ANTÔNIO FÉLIX JÚNIOR**, aluno do Curso de Mestrado em Produção Vegetal. Após avaliação da defesa de Dissertação do referido aluno, a Banca Examinadora procedeu à publicação do resultado da defesa de Dissertação intitulada: “**Propagação vegetativa de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) por estaquia**”, sendo o aluno considerado **aprovado**. E, para constar, eu, Professor Ernane Ronie Martins, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 68 do regulamento do Curso de Mestrado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

**Art. 68** Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou, 4 (quatro) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Belo Horizonte, 05 de maio de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Ernane Ronie Martins, Professor do Magistério Superior**, em 05/05/2022, às 18:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudineia Ferreira Nunes, Coordenador(a) de curso**, em 05/05/2022, às 21:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nermy Ribeiro Valadares, Usuário Externo**, em 05/05/2022, às 22:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1435368** e o código CRC **C25A890C**.

Aos meus pais,  
aos meus filhos,  
ao meu amor,  
dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof.Dr. Ernane Ronie Martins por me orientar durante essa jornada de aprendizagem com generosidade, respeito e sabedoria. Muito obrigado!

Ao Prof.Dr. Paulo Sérgio Lopes do Nascimento pela oportunidade de cursar a disciplina propagação de espécies frutíferas de forma profunda e debatida, me apresentando questões relevantes para a propagação de plantas e fazendo apontamentos que contribuíram para elaboração deste manuscrito;

Aos Prof. Dra. Silvia Nietzsche, Prof. Dr. Alcinei Místico Azevedo e Prof. Dra. Leidivan Almeida Frazão pela dedicação à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal durante esse período de grandes incertezas;

Ao Prof.Dr. Irã Pinheiro Neiva, Diretor Geral do campus Araçuaí do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais pelo apoio no desenvolvimento dos experimentos;

À Profa.Dra. Claudineia Ferreira Nunes e a Pós-doutoranda Nermy Ribeiro Valadares pelas importantes contribuições ao trabalho.

À servidora Maria Clara Gonçalves Madureira, através de quem agradeço a todos os servidores vinculados ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFMG.

*"Levai-me aonde quiserdes! - aprendi com as  
primaveras  
a deixar-me cortar e a voltar sempre inteira. "*

(MEIRELLES, 1945)

## Propagação vegetativa de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) por estaquia

### RESUMO

A erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) é uma espécie medicinal nativa, com ampla dispersão geográfica e com propriedades anti-inflamatórias. A estaquia pode ser utilizada para multiplicação de *V. curassavica*. Estudos sobre a influência do tipo de estaca e da influência da juvenildade no enraizamento adventício são escassos para essa espécie. O objetivo foi analisar a viabilidade do uso de estacas semilenhosas e lenhosas na propagação por estaquia de *Varronia curassavica* Jacq. Avaliou-se a sobrevivência, o enraizamento, a calogenese e a brotação de estacas semilenhosas e lenhosas, quando coletadas em diferentes posições na planta matriz, tratadas com ácido indol butírico, em função de níveis de sombreamento e tipos de escarificação na base da estaca. Foram conduzidos dois experimentos, o experimento I foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 3x2, sendo os tratamentos: posição de coleta da estaca na planta matriz e aplicação de auxina, com quatro repetições, 24 parcelas e seis estacas por parcela. O experimento II foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 3x3, com parcelas subdividas, com quatro blocos, 36 parcelas e nove estacas por parcela. Foram avaliados a sobrevivência e o enraizamento de estacas em níveis de irradiância e tipos de escarificação. As avaliações foram realizadas 42 dias após implantação. As variáveis analisadas foram o percentual de estacas vivas, com calos e raízes, o número de raízes, o número de brotos, o comprimento médio da raiz, o comprimento da maior raiz, a matéria fresca e seca da raiz. O maior percentual de enraizamento e comprimento médio da maior raiz foram observados em estacas basais (68,7% e 16,41 mm) e, o maior percentual de estacas com calos e número de brotos, foram observados em estacas com secção transversal (39,8% e 0,30). Estacas lenhosas basais e intermediárias são indicadas para a propagação vegetativa de erva baleeira, sendo que o ambiente com maior irradiância proporciona melhores condições para o desenvolvimento das estacas e a escarificação na base da estaca não aumentou o enraizamento adventício.

**Palavras-chave:** *Cordia verbenacea* DC., raízes adventícias, regeneração *de novo*.

## **Vegetative propagation of *Varronia curassavica* Jacq. by cuttings**

### **ABSTRACT**

*Varronia curassavica* Jacq. is a native medicinal species, with wide geographic dispersion and with anti-inflammatory properties. The cuttings can be used for multiplication of *V. curassavica*. Studies on the influence of cutting type and juvenility on adventitious rooting are scarce for this species. The objective was to analyze the feasibility of using semi-hardwood and woody cuttings for propagation by cuttings of *Varronia curassavica* Jacq. The survival, rooting, callogenesis and sprouting of semi-hardwood and woody cuttings were evaluated, when collected at different positions in the matrix plant, treated with indole butyric acid, as a function of shading levels and types of scarification at the base of the cutting. Two experiments were carried out, experiment I was carried out in a completely randomized design, 3x2 factorial scheme, the treatments are cutting position in the matrix plant and auxin application, four replications, 24 plots, and six cuttings per plot. The experiment II was carried out in a randomized block design, 3x3 factorial scheme, with plots divided into four blocks, with 36 plots and nine cuttings per plot. Levels of irradiance and types of scarification were evaluated. Assessments were performed 42 days after implantation. The variables analyzed were the percentage of live cuttings, with calluses and roots, number of roots, number of shoots, average root length, length of the largest root, fresh and dry root matter. The highest percentage of rooting and average length of the largest root were observed in basal cuttings (68.7% and 16.41 mm) and the highest percentage of cuttings with calluses and number of shoots were observed in cuttings with cross section (39, 8% and 0.30). Basal and intermediate woody cuttings are indicated for the vegetative propagation of *V. curassavica*, and the environment with greater irradiance provides better conditions for the development of cuttings and scarification at the base of the cutting did not increase adventitious rooting.

**Keywords:** *Cordia verbenacea* DC, adventitious roots, *de novo* regeneration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de barras do percentual de estacas enraizadas em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz (A) e em função da aplicação de AIB (B) em estacas caulinares de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	28
Figura 2 - Gráfico de barras do número de raízes em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz (A) e função da aplicação de AIB (B) em estacas caulinares de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	28
Figura 3 - Gráfico de barras do comprimento médio das três maiores raízes em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz em estacas caulinares de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	29
Figura 4 - Gráfico de caixa com desdobramento da interação da posição de coleta da estaca na planta matriz e aplicação de auxina em estacas caulinares de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	30
Figura 5 - Gráfico (biplot) de dispersão das variáveis estacas vivas (EV); com calos(EC); com raízes(ER) e com brotos(EB); número de raízes (NR) e de brotos (NB) e o comprimento das três maiores raízes (CR) quanto a posição de coleta da estacas em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	31
Figura 6 - Gráfico de barras do percentual de estacas caulinares com calos (A) e números de brotos (B) em relação ao tipo de escarificação em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	40
Figura 7 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável estacas vivas (EV) em relação a diferentes níveis de sombreamento no ambiente de propagação para estacas caulinares de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	41
Figura 8 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável estacas enraizadas (ER) em relação a diferentes níveis de sombreamento no ambiente de propagação em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	42
Figura 9 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável estacas enraizadas (ER) em relação em relação ao tipo de escarificação na base da estaca em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	43
Figura 10 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável Massa seca de raiz (MSR) em relação ao tipo de escarificação na base da estaca em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	44
APÊNDICE	
Figura 11 - Croqui de implantação do experimento posição de coleta e aplicação de ácido indol butírico no enraizamento de estacas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	49
Figura 12 - Matriz de gráficos de dispersão das variáveis com dispersão bivariada e densidade na diagonal em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	50
Figura 13 - Esquema de análise dos fatores em função da posição de coleta na planta matriz em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	51
Figura 14 - Gráfico de análise paralela em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	52
Figura 15 - Gráfico "cotovelo" com detalhamento da proporção da variação retida por cada componente principal função da posição de coleta na planta matriz em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	52
Figura 16 - Croqui de implantação do experimento níveis de irradiância e tipos de escarificação no enraizamento de estacas caulinares de <i>V. curassavica</i> .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Soma dos quadrados para as características a estacas com raízes(ER); número de raízes (NR) e comprimento médio das três maiores raízes (CR) em função da posição de coleta da estaca na planta matriz, aplicação de AIB e interação entre os fatores em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	27
Tabela 2 - Soma dos quadrados para estacas com calos (EC); estacas com brotos(EB), número de brotos (NB), número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) para sob níveis de irradiância, tipos de escarificação na base da estaca e interação entre os fatores em <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
3.1 <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	16
3.2 Importância medicinal da erva-baleeira.....	16
3.3 Propagação Vegetativa.....	16
3.4 Referências.....	20
<b>4 ARTIGOS</b> .....	22
4.1 Posição de coleta e aplicação de ácido indol butírico no enraizamento de estacas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	23
4.2 Tipos de escarificação e níveis de sombreamento no enraizamento de estacas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	35
<b>5 CONCLUSÃO GERAL</b> .....	48
<b>APÊNDICE A</b> .....	49
<b>APÊNDICE B</b> .....	53
<b>ANEXOS</b> .....	54

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

*Varronia curassavica* Jacq. é uma planta medicinal nativa, de uso tradicional e que ocorre em todas as regiões brasileiras. Graças ao conhecimento tradicional associado à essa espécie e sua aplicação terapêutica comprovada é considerada de interesse ao Sistema único de saúde (SUS) e registrada na farmacopeia brasileira. Popularmente conhecida como erva-baleeira é uma espécie arbustiva, perene, hermafrodita, podendo atingir até 3 metros de altura. Em suas folhas possui tricomas que contém óleo essencial, que tem como principais marcadores químicos o  $\alpha$ -humuleno e o trans cariofileno (STAPF *et al.*, 2020, GILBERT *et al.*, 2013 e OLIVEIRA *et al.*, 2019).

O óleo essencial de *V. curassavica* possui ação anti-inflamatória e pesquisas o relacionam à atividade analgésica, anti-ulcerogênica, antimicrobiana, antiofídica, anti fúngica, anticancerígena, anti-alérgica, anti-oxidante e esquistossomicida (HARTWIG *et al.*, 2020).

A maior parte da produção de plantas medicinais nativas depende do extrativismo, e por essa razão, avanços no processo de domesticação de espécies nativas tem potencial para diminuir a pressão sobre os ecossistemas naturais (SCHEFFER *et al.*, 2005). O desenvolvimento de programas de melhoramento de plantas, de novas cultivares e de rotinas operacionais para produção mudas dependem de estudos preliminares sobre propagação (GROSSNICKLE *et al.*, 2018).

A propagação de *V. curassavica* por sementes é viável, entretanto a espécie não apresenta floração e frutificação em um período definido (SANTOS *et al.*, 2021). A espécie é alógama obrigatória e depende de polinizadores para frutificação, porém alguns genótipos podem romper as barreiras de autoincompatibilidade (PEREIRA, 2018). Outro aspecto importante quanto a propagação de *V. curassavica* é que a produção de metabólitos secundários pode variar entre genótipos dessa espécie devido à segregação genética (MENDES *et al.*, 2014 e OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As técnicas de propagação vegetativa estimulam a capacidade das plantas regenerarem, uma nova planta inteira, a partir de células ou tecidos, sendo uma opção para garantir a uniformidade do material vegetal e preservar características genéticas de interesse agrícola (HARTMANN *et al.*, 2013).

A estaquia é indicada para produção de mudas quando há necessidade de produção de plantas idênticas a planta matriz. A viabilidade da propagação por estaquia depende da capacidade das espécies ou genótipos formar raízes adventícias em segmentos do caule e folhas (RASMUSSEN *et al.*, 2015). A capacidade de formar raízes adventícias depende de complexa interação entre fatores genéticos, ambientais e diferentes estímulos que a planta matriz ou o material vegetal seja exposto (PIJUT *et al.*, 2011).

O presente trabalho avaliou a viabilidade do uso de estacas semilenhosas e lenhosas para propagação vegetativa por estaquia de *Varronia curassavica* Jacq., em função da posição de coleta da estaca na planta matriz, do uso de ácido indol butírico (AIB), dos tipos de escarificação na base da estaca e de níveis de sombreamento no ambiente de propagação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade do uso de estacas semilenhosas e lenhosas para propagação por estaquia de *Varronia curassavica* Jacq.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a sobrevivência, enraizamento, calogenese e brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, quando coletadas em diferentes posições na planta matriz e tratadas com ácido indol butírico
- Avaliar a sobrevivência, enraizamento, calogenese e brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, em função de níveis de sombreamento e tipos de escarificação na base da estaca.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 *Varronia curassavica* Jacq

A erva baleeira pertencente à família *Boraginaceae*, ocorre em todas as regiões brasileiras e nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata atlântica e Pampas (STAPF *et al.*, 2020). Estudos indicam alta variabilidade genética tanto entre os acessos de *V. curassavica* naturais, quanto em bancos de germoplasma em instituições de pesquisa (LIMA *et al.*, 2021, QUEIROZ *et al.*, 2019)

Devido às mudanças recentes na nomenclatura, a espécie possui sinônimos relevantes como *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult., *Cordia salicina* DC, *Lithocardium fresenii* Kuntze, *Lithocardium salicinum* Kuntze, *Lithocardium verbenaceum* Kuntze e *Cordia verbenacea* DC., sendo este último citado em publicações com maior frequência (HARTWIG *et al.*, 2020).

Nas regiões de ocorrência é conhecida popularmente como erva-baleeira, sendo citados os seguintes sinônimos comuns: catinga-de-barão, catinga-preta, maria-preta, salicina, maria-milagrosa, camarinha, camarona, baleeira-cambará, erva-preta, pimenteira, camaroneira-do-brejo. Em inglês há menções na literatura como black sage ou maggy-plant (HARTWIG *et al.*, 2020).

*V. curassavica* é uma espécie arbustiva, perene, hermafrodita e terrícola, podendo atingir até 3 metros de altura, (STAPF *et al.*, 2020). As folhas são simples, lanceoladas, alternas, coriáceas, aromáticas, com 5 a 9 cm de comprimento. Suas flores são pequenas, brancas e dispostas em inflorescências racemosas de 10 a 15 cm de comprimento, os frutos são tipo cariopse e vermelhos quando maduros (HOELTGEBAUM *et al.*, 2018). A erva baleeira pode ser considerada alógama preferencial (BRANDÃO *et al.*, 2015). O caule é descrito como indumento glabrescente estrigoso, de hábitat aéreo, sendo ereto do tipo tronco, não possuindo um tronco predominante, cilíndrico, ramificado e apresenta grande quantidade de lenticelas (STAPF *et al.*, 2020).

#### 3.2 Importância medicinal da erva-baleeira

Em suas folhas estão presentes tricomas glandulares de forma globular que contém óleo essencial complexo, rico em terpenos, tendo como principais marcadores químicos  $\alpha$ -humuleno e o  $\beta$ -cariofileno e mais de 44 compostos diferentes em sua composição (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Pesquisas recentes relacionam óleo essencial de *V. curassavica* à atividade analgésica, anti-ulcerogênica, antimicrobiana, antiofídica, antifúngica, anticancerígena, antialérgica, antioxidante, esquistossomicida e bioinseticida (GILBERT *et al.*, 2013, OLIVEIRA *et al.*, 2019 e HARTWIG *et al.*, 2020).

Segundo a bula do remédio fitoterápico Acheflan<sup>®</sup>, que tem como ingrediente ativo o óleo essencial da erva-baleeira, o medicamento apresenta rápida absorção por via tópica, sendo indicado para tratamento local de processos inflamatórios, tais como tendinites e dores musculares e em quadros inflamatórios dolorosos associados a traumas de membros, entorses e contusões (MALLMANN, 2012). O óleo essencial também é comercializado envasado para uso em terapias alternativas (HARTWIG *et al.*, 2020).

#### 3.3 Propagação Vegetativa

Espécies com substâncias químicas de uso reconhecido na medicina devem ser cultivadas visando sua produção em níveis sustentáveis, sendo necessária a busca por acessos com

características químicas e de cultivo mais favoráveis, explorando a variabilidade intraespecífica (SCHEFFER *et al.*, 1997). Neste contexto, a propagação vegetativa se torna uma alternativa interessante para garantir a uniformidade da produção e a manutenção de características genéticas de interesse agrícola (HARTMANN *et al.*, 2013).

Entender a formação de raízes adventícias é importante quando se planeja estratégias para propagação em larga escala em plantas economicamente importantes (LEGUÉ *et al.*, 2014). O enraizamento adventício induzido por excisão é essencial para a propagação vegetativa por estaquia (RASMUSSEN *et al.*, 2015).

Em resposta ao ferimento na planta, o local é selado com suberina e o xilema é vedado com gomas, protegendo a superfície do corte da dessecação e ataque de patógenos. Em seguida, as células vivas próximas a essa placa começam a se dividir e, após poucos dias, uma camada de células do parênquima forma calos, que se desenvolvem dentro da periderme (HARTMANN *et al.*, 2013).

A capacidade de formar raízes adventícias poder ser considerada um traço genético, entretanto, em algumas espécies, o enraizamento adventício pode ser induzido por fatores ambientais como a inundação, a deficiência nutricional, a presença de metais pesados, ferimentos e ainda por infecção de *Agrobacterium rhizogenes* (HARTMANN *et al.*, 2013).

A organogênese de novo, ocorre a partir de partes da planta que originalmente não são raízes, podendo ser definido como a formação de raízes pós-embrionárias a partir de órgãos aéreos como hipocótilos, caules e folhas (RASMUSSEN *et al.*, 2015).

Para que ocorra a formação de raízes adventícias, uma sequência de eventos celulares precisa ser desencadeada. Na fase de ativação, as células se tornam competentes em resposta a fator de sinalização, na sequência ocorre a fase de indução, quando o ciclo celular é reativado progressivamente até a formação do primórdio radicular, após a formação, ocorre a ativação do primórdio radicular adventício, posteriormente formação de novos tecidos e por fim, o crescimento para fora, com alongamento e a vascularização do primórdio radicular (DÍAZ-SALA, 2014).

Os primeiros passos da formação das raízes adventícias, envolve acumulação de gradiente de ácido indol acético (AIA), em células específicas via transporte polar de auxina e biossíntese local. Podendo ocorrer também a conjugação e degradação de auxina. O acréscimo de auxina e concomitante depleção da citocinina é necessário para o enraizamento adventício em estacas, inclusive em espécies de fácil enraizamento (GONIN *et al.*, 2019).

Compostos relacionados ao corte, como etileno, jasmonato e óxido nítrico em associação com auxina, podem promover a divisão celular e desencadear a formação de raízes adventícias (GONIN *et al.*, 2019).

Quanto à sensibilidade a aplicação de auxina, as plantas podem ser consideradas de fácil enraizamento, de enraizamento moderadamente difícil e de difícil enraizamento ou recalcitrantes. As espécies e genótipos de fácil enraizamento possuem auxina endógena e os compostos relacionadas ao enraizamento em concentração adequada, já as espécies ou genótipos de enraizamento moderadamente difícil apresentam compostos relacionadas ao enraizamento ou auxina endógena em quantidade insuficiente para promover o enraizamento, sendo indispensável a aplicação auxina exógena para desencadear o processo. Nas espécies recalcitrantes faltam um ou mais compostos relacionados

ao enraizamento e mesmo na presença de altas concentrações de auxina, não promovem o enraizamento, sendo necessário o uso de técnicas específicas para superar a recalcitrância (HARTMANN et al., 2013).

A formação de raízes adventícias em estacas é influenciada por diversos fatores exógenos e endógenos. Dois estímulos principais contribuem para o enraizamento adventício induzido por excisão: o ferimento inicial e o isolamento físico do explante, do recurso e da rede de sinalização da planta matriz (DRUEGE et al., 2019). A disponibilidade de água e macronutrientes como cálcio, nitrogênio, zinco, fósforo, ferro e manganês também podem influenciar na formação de raízes adventícias e na capacidade de sobrevivência de estacas em condições adversas (GONIN et al., 2019).

O processo de formação de raízes adventícias ocorre naturalmente, a partir do meristema secundário. A formação de raízes adventícias pode ser estimulada por ferimentos, inundação, tombamento ou como estratégia de propagação desenvolvida ao longo da evolução. Em espécies lenhosas, as raízes adventícias podem se originar na região do câmbio, nas células localizadas entre o feixe vascular e a bainha amilífera ou de outra célula meristemática. Algumas espécies apresentam raízes pré-formadas em dormência, já em outras, é necessário que ocorra a formação de raízes adventícias a partir da desdiferenciação, divisão, especialização e alongamento. A formação de raízes adventícias também pode ocorrer a partir dos calos (HARTMANN et al., 2013 e GONIN et al., 2019).

Fatores controláveis como tipo de estaca, época de coleta, maturidade, maturação da matriz, tratamento da estaca, meio de enraizamento, sistema de irrigação, temperatura do ar e do substrato, irradiância, duração e qualidade da luz e nutrição mineral das estacas durante a fase de enraizamento podem influenciar a formação de raízes adventícias (PIJUT et al., 2011).

O desenvolvimento de novas ferramentas genéticas, o sequenciamento genético de espécies vegetais e avanços nas análises proteômicas e moleculares, possibilitam melhor entendimento dos processos relacionados ao enraizamento adventício (PIJUT et al., 2011).

Recentes avanços jogaram luz sobre a complexa rede de sinalização envolvida na indução da formação de raízes adventícias. A ativação cruzada de várias vias fisiológicas atua no processo do estabelecimento da célula fundadora da raiz, após a sinalização da auxina, determinando o posicionamento do nicho de células-tronco dentro do primórdio radicular adventício (MHIMDI et al., 2020).

A propagação vegetativa por estaquia de *V. curassavica* foi objeto de estudos que avaliaram a aplicação de auxina, de reguladores de crescimento, de extratos vegetais, tipos de estaca, tipos de substrato e influência do número de folhas na estaca no enraizamento de estacas caulinares. Estaca caulinar apical semilenhosas, com folhas e limbo reduzido pela metade, foi o tipo de estaca utilizada com maior frequência nos estudos disponíveis na literatura (LAMEIRA et al., 1997; PEREIRA et al., 2016; BISCHOFF et al., 2017; CAYE et al., 2020; CONCEIÇÃO BERNARDO et al., 2020).

Quanto à aplicação de auxina, a maioria dos estudos apontam a influência positiva da aplicação de ácido indol butírico (AIB) no enraizamento de *V. curassavica*, porém não há consenso quanto à concentração indicada e quanto ao método de aplicação (LAMEIRA et al., 1997; MENDES et al. 2014; PEREIRA et al. 2016 e CAYE et al., 2020).

O tipo de substrato utilizado com maior frequência foi a formulação de areia lavada e vermiculita expandida na proporção 2:1 ou 1:1 (LAMEIRA et al.,1997 e PEREIRA et al.,2016). MENDES et al. (2014), avaliando diferentes tipos de substrato na estaquia de erva-baleeira, concluíram que a formulação feita com vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada promoveu maior enraizamento.

O desenvolvimento e avaliação de técnicas que contribuam para o incremento do enraizamento adventício, promovendo a formação de mudas vigorosas, saudáveis e com melhor desempenho em campo pós-plantio, são etapas necessárias ao processo de domesticação de espécies nativas de interesse.

Programas de melhoramento ou rotinas operacionais de produção de mudas necessitam de estudos preliminares sobre propagação para serem desenvolvidos. O aprimoramento de técnicas de propagação vegetativa por estaquia de *Varronia curassavica* Jacq., pode contribuir para o desenvolvimento da cultura.

## 3.4 Referências

- BISCHOFF, A. M., D. W. VENDRAMIM, E.N. GOMES, K.C. ZUFFELLATO RIBAS, M. L. ENGEL, R.A . MAGGIONI Enraizamento de Estacas de Erva-Baleeira Em Função de Diferentes Concentrações de Ácido Indol Butírico e Número de Folhas. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 16 (1), p. 41–47, 2017.
- BRANDÃO, D. S.; MENDES, A. D. R.; SANTOS, R. R.; ROCHA, S. M. G.; LEITE, G. L. D.; MARTINS, E. R. Biologia floral e sistema reprodutivo da erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Rev. Bras. Plantas Med.**, vol. 17, no. 4, p. 562–569, 2015.
- BRASIL. **Formulário de Fitoterápicos Farmacopeia Brasileira**. Agência Nac. Vigilância Sanitária, vol. 1, p. 126, 2011.
- CAYE, V. A.; SCHNEIDER, S.; FERNANDES, F. F.; SEGATTO, C.; BUBA, G. P.; LAJUS, C. R.; CERICATO, A. Estaquia de erva baleeira submetidas à fitorregulador extraído da tiririca. **Rev. Am. Empreendedorismo e inovação**, vol. 2, p. 19–24, 2020.
- CONCEIÇÃO BERNARDO, B. E.; SATO, A. J.; DA COSTA ZONETTI, P. Propagation of erva-baleeira (*Cordia verbenacea* DC.) by cutting. **Rev. em Agronegocio e Meio Ambient.**, vol. 13, no. 3, p. 947–957, 2020.
- DÍAZ-SALA, C. Direct reprogramming of adult somatic cells toward adventitious root formation in forest tree species: The effect of the juvenile-adult transition. **Front. Plant Sci.**, vol. 5, p. 1–8, 2014.
- DRUEGE, U.; HILO, A.; PÉREZ-PÉREZ, J. M.; KLOPOTEK, Y.; ACOSTA, M.; SHAHINNIA, F.; ZERCHE, S.; FRANKEN, P.; HAJIREZAEI, M. R. Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: Phytohormone action meets resource allocation. **Ann. Bot.**, vol. 123, no. 6, p. 929–949, 2019.
- GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Cordia verbenacea* DC Boraginaceae. **Rev. Fitos**, vol. 7, no. 01, p. 17–25, 2013.
- GONIN; BERGOUGNOUX; NGUYEN; GANTET; CHAMPION. What Makes Adventitious Roots? **Plants**, vol. 8, no. 7, p. 240, 2019.
- GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: History, application, and plant attributes. **Forests**, vol. 9, no. 5, p. 1–23, 2018.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann & kester's plant propagation: Pearson new international edition** PDF eBook: Principles and practices. : Pearson Education, 2013.
- HARTWIG, B. R.; RODRIGUES, D. S.; OLIVEIRA JUNIOR, C. J. F. Erva Baleeira, uma possibilidade real da sociobiodiversidade para modelos sustentáveis de produção. **HOLOS**, vol. 3, no. 3, p. 1–21, 2020.
- HOELTGEBAUM, M. P.; MONTAGNA, T.; LANDO, A. P.; PUTTKAMMER, C.; ORTH, A. I.; GUERRA, M. P.; DOS REIS, M. S. Reproductive Biology of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). **An. Acad. Bras. Cienc.**, vol. 90, no. 1, p. 59–71, 2018.
- LAMEIRA, O.; PINTO, J.; ARRINGTONI-BLANK, M. Enraizamento de miniestacas de erva baleeira. **Hortic. Bras.**, vol. 15, p. 114–116, 1997.
- LEGUÉ, V.; RIGAL, A.; BHALERAO, R. P. Adventitious root formation in tree species: Involvement of transcription factors. **Physiol. Plant.**, vol. 151, no. 2, p. 192–198, 2014.
- LI, S. W. Molecular Bases for the Regulation of Adventitious Root Generation in Plants. **Front. Plant Sci.**, vol. 12, p. 1–19, 2021.

LIMA, F. J. A. de; SOUSA, R. O. de; SILVA FILHO, F. A. e.; MENDES, M. R. de A.; VAL, A. D. B. do. Caracterização do crescimento e produção de óleo essencial da erva baleeira (*Varronia curassavica* Jacq). **Res. Soc. Dev.**, vol. 10, no. 7, p. e5810716204, 2021.

MALLMANN, G. Acheflan. **Bula** 2012.disponível em : <[https://www.ache.com.br/arquivos/BU\\_ACHEFLAN-CREME\\_ACHE\\_JUL2012.pdf](https://www.ache.com.br/arquivos/BU_ACHEFLAN-CREME_ACHE_JUL2012.pdf)> acessado em fev. 2022

MENDES, A. D. R.; LACERDA, T. H. S.; ROCHA, S. M. G.; MARTINS, E. R. Reguladores vegetais e substratos no enraizamento de estacas de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Rev. Bras. Plantas Med.**, vol. 16, no. 2, p. 262–270, 2014.

MHIMDI, M.; PÉREZ-PÉREZ, J. M. Understanding of Adventitious Root Formation: What Can We Learn From Comparative Genetics? **Front. Plant Sci.**, vol. 11, no. p. 1–10, 2020.

OLIVEIRA, B. M. S. de; MELO, C. R.; SANTOS, A. C. C.; NASCIMENTO, L. F. A.; NÍZIO, D. A. C.; CRISTALDO, P. F.; BLANK, A. F.; BACCI, L. Essential oils from *Varronia curassavica* (Cordiaceae) accessions and their compounds  $\beta$ -caryophyllene and  $\alpha$ -humulene as an alternative to control *Dorymyrmex thoracicus* (Formicidae: Dolichoderinae). **Environ. Sci. Pollut. Res.**, vol. 26, no. 7, p. 6602–6612, 2019.

PEREIRA, D. P.; MOREIRA, É. F. A.; SILVA, J. C. de O.; PRADO, M. C. do; GASPARINI, B. de N. Enraizamento adventício de estacas de *Varronia curassavica* Jacq. com uso de ácido indolbutírico. **Rev. Bras. Tecnol. Apl. nas Ciências Agrárias**, vol. 9, p. 113–119, 2016.

PEREIRA, I. C. M. “Polimorfismo floral e sistema reprodutivo da erva-baleeira (*varronia curassavica* jacq.) Em banco de germoplasma.” 2018. 42 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018.

PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of Adventitious Root Formation of Difficult-to-Root Hardwood Tree Species. **Horticultural Reviews**, vol. 38, p. 213–251, 2011.

QUEIROZ, T. B.; FONSECA, F. S. A. da; MENDES, A. D. R.; AZEVEDO, A. M.; MARTINS, E. R. Chemical diversity of accessions of the in vivo germplasm bank of *varronia curassavica* (Jacq.). **Acta Sci. - Agron.**, vol. 42, p. 1–11, 2019.

RASMUSSEN, A.; HOSSEINI, S. A.; HAJIREZAEI, M. R.; DRUEGE, U.; GEELEN, D. Adventitious rooting declines with the vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. **J. Exp. Bot.**, vol. 66, no. 5, p. 1437–1452, 2015.

SCHEFFER, M. C.; CORRÊA, J.; RADOMSKI, M. I. Domesticação de plantas medicinais: a experiência da Espinheira-Santa (*Maytenus ilicifolia*). **Agrociência**, vol. 9, no. 1 e 2, p. 53–59, 2005.

SCHEFFER, M. C.; MING, L. C.; ARAÚJO, A. J. D. Conservação de recursos genéticos de plantas medicinais. **Recur. Genéticos e Melhor. Plantas para o Nord. Bras.**, p. 25 pp, 1997.

STAPF, M. N. S.; SILVA, T. S. *Varronia curassavica*. **Flora do Bras. 2020 em construção**, no. cm, p. 8–11, 2020. disponível em : <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/>> acessado em fev 2022

**4 ARTIGOS**

Artigo elaborado conforme modelo de submissão ao periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira

#### **4.1 Posição de coleta e aplicação de ácido indol butírico no enraizamento de estacas de *Varronia curassavica* Jacq**

##### **Cutting position and indol butyric acid in rooting *Varronia curassavica* Jacq cuttings**

Abstract - The improvement of vegetative propagation techniques for *Varronia curassavica* Jacq, a native medicinal species with anti-inflammatory properties, can contribute to the technological development of the culture. The seedlings propagated by cuttings preserve the agronomic aspects of the parent plants. The survival, rooting, callogenesis and sprouting of semi-hardwood and woody cuttings *V. curassavica*, collected at different positions in the matrix plant and treated with indole butyric acid, were evaluated. The experiment was carried out in a completely randomized design, 3x2 factorial scheme, with three collection positions (basal, intermediate and apical portions) and two levels of auxin application (with and without), four replications, 24 plots and six cuttings per plot. Assessments were performed 42 days after implantation. Percentage of live cuttings, with calluses and roots, number of roots, number of shoots and average length of roots were analyzed. The highest rooting percentage and the highest average root length were observed, respectively, in basal (68.7% and 16.41 mm) and intermediate (62.5% and 10.86 mm) cuttings. A significant effect of the application of indole butyric acid on the rooting of cuttings was observed. It was concluded that basal and intermediate woody cuttings are indicated for vegetative propagation and that the application of IBA increased the formation, number and length of adventitious roots.

**Keywords:** adventitious rooting, *Cordia verbenacea* DC, cone of juvenility, de novo regeneration.

Resumo - O aprimoramento de técnicas de propagação vegetativa para *Varronia curassavica* Jacq, espécie medicinal nativa com propriedade anti-inflamatória, pode contribuir para o desenvolvimento tecnológico da cultura. As mudas propagadas por estaquia conservam aspectos genéticos das plantas matrizes. Avaliou-se a sobrevivência, o enraizamento, a calogenese e a brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, coletadas em três posições na planta matriz e tratadas com ácido indol butírico. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 3x2, sendo as posições de coleta basal, intermediária e apical e dois níveis de aplicação de auxina (com e sem), sendo quatro repetições, 24 parcelas e seis estacas por parcela. As avaliações foram realizadas 42 dias após implantação. Foram analisados o percentual de estacas vivas, com calos e raízes, o número de raízes, o número de brotos e o comprimento médio das raízes. O maior percentual de enraizamento e maior comprimento médio das raízes foram observados, respectivamente, em estacas basais (68,7% e 16,41 mm) e intermediárias (62,5% e 10,86 mm). Foi observado efeito significativo da aplicação de ácido indol butírico no enraizamento das estacas. Concluiu-se que as estacas lenhosas basais e intermediárias são indicadas para a propagação vegetativa e que a aplicação de AIB aumentou a formação, o número e o comprimento das raízes adventícias.

Palavras-Chave: enraizamento adventício, *Cordia verbenacea* DC, cone da juvenilidade, regeneração *de novo*.

## Introdução

*Varronia curassavica* Jacq é uma planta da família *Boraginacea*. Espécie medicinal nativa com propriedade anti-inflamatória clinicamente comprovada, tem potencial para cultivo comercial, devido ao alto valor do óleo essencial presente em suas folhas (HARTWIG *et al.*, 2020). Esse óleo tem como principal marcador o  $\alpha$  - humuleno, mas contêm vários outros compostos de interesse da indústria farmacêutica (GILBERT *et al.*, 2013). As flores apresentam autoincompatibilidade, baixa taxa de fecundação e alogamia preferencial (HOELTGEBAUM *et al.*, 2018). A floração, assim como a frutificação, não ocorre em um período definido (SANTOS *et al.*, 2021). A obtenção de sementes pode ser um gargalo para a produção comercial, visto que apesar de apresentar alta taxa de germinação, são consideradas de difícil obtenção e apresentam alta variabilidade genética (LIMA *et al.*, 2021).

O uso da propagação vegetativa pode contribuir para o avanço de programas de melhoramento vegetal, tendo potencial de diminuir o tempo para o desenvolvimento de cultivares comerciais. A estaquia é uma opção recomendada para produção de mudas geneticamente uniformes (GROSSNICKLE *et al.*, 2018). O processo de propagação por estaquia depende de complexa interação entre fatores ambientais, fisiológicos e genéticos, para desencadear a formação de raízes adventícias e novas brotações (HARTMANN *et al.*, 2013). A propagação vegetativa pode ser obtida com maior facilidade a partir de plantas jovens ou por meio de brotações epicórmicas basais, ou seja, brotações que se formam próximo a região do colo da planta e apresentam características juvenis. O uso de partes juvenis é indicado quando não se necessita de propágulos maduros (STUEPP *et al.*, 2018).

A perda de competência de enraizamento, relacionada à maturação, é apontada como a maior limitante à propagação clonal em espécies lenhosas (PIJUT *et al.*, 2011). A diferença entre genótipos de fácil e difícil enraizamento pode ser atribuída à variação na concentração de auxina conjugada na forma inativa próximo à zona de enraizamento (GONIN *et al.*, 2019).

Estudos com estaquia em *V. curassavica* avaliaram o uso de substâncias promotoras de crescimento, em concentrações variadas e diversos métodos de aplicação. Esses estudos indicam que o ácido indol butírico (AIB) favoreceu o enraizamento, sendo recomendado para uso (BISCHOFF, 2017; CAYE *et al.*, 2020; LAMEIRA *et al.* 1997; MENDES *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2016).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a sobrevivência, o enraizamento, a calogenese e a brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, quando coletadas em três posições na planta matriz e tratadas com ácido indol butírico.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais IFNMG - Campus Araçuaí (S16°50'48.4"/W042°02'09.0"), em abrigo para mudas telado com sombreamento de aproximadamente 50% e orientação leste-oeste, sobre bancadas elevadas à 90 cm do solo. O clima predominante no município de Araçuaí-MG é tropical com inverno seco, Aw pela classificação de Koppen (ALVARES *et al.*, 2013). Experimento cadastrado no SISGEN nº A8380B2.

Foram coletadas estacas caulinares lenhosas e semilenhosas da espécie *Varronia curassavica* Jacq., no mês de maio, no outono, às margens da rodovia BA-275, no município de Belmonte-BA. No local de coleta, a vegetação predominante era de Mata Atlântica e o clima tropical úmido, Af pela classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). As coordenadas geográficas e a elevação do local de coleta em relação ao nível do mar, são respectivamente, S16°04'02.8/ W039°10'01.0" e 89 metros.

O acesso foi realizado em cinco indivíduos próximos entre si, com altura aproximada de 1,8 m, não foi possível determinar a idade cronológica das matrizes. O corte foi realizado entre 20 e 40 cm acima da região do colo das plantas. Com diâmetro aproximado de 2,5 cm no local do primeiro ferimento. A coleta foi realizada entre 8h00min e 9h30min com o tempo nublado.

Os segmentos caulinares foram acondicionados em sacos de polietileno e mantidos úmidos com auxílio de borrifador d'água. As estacas foram preparadas em local sombreado com auxílio de tesoura de poda e canivete. O material vegetal foi mantido em água para minimizar a desidratação durante a preparação das estacas.

As estacas foram padronizadas com comprimento de 10 cm com auxílio de gabarito com o corte em bisel no topo e na base. As estacas não possuíam folhas e foram separadas por posição de coleta na planta matriz, posteriormente acondicionadas em baldes de polietileno com água. Foi feita a desinfestação por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,05% (v/v) por 5 minutos, depois lavadas em água por 15 minutos. Após a desinfestação, as estacas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em caixa de isopor.

O experimento foi implantado em esquema fatorial 3x2, em delineamento inteiramente casualizado, sendo os fatores a) posição da estaca nos níveis: basal, intermediária e apical e b) aplicação de AIB (com e sem aplicação). A aplicação de AIB foi feita com uso do enraizador comercial Sela gel®, conforme recomendação do fabricante. O produto é composto por gel mineral contendo 2000 ppm AIB na formulação. O planejamento do experimento foi feito com auxílio do software R com o pacote Agricolae (MENDIBURU, 2021).

Foram consideradas 24 parcelas, sendo quatro repetições com seis estacas por parcela. Como recipiente para propagação foram utilizadas bandejas de polietileno com 35cm x 48cm x 15cm (largura x comprimento x altura), perfuradas e preenchidas com camada de 6 cm de perlita média. A irrigação com água tratada foi realizada com sistema de névoa intermitente em turnos de 15 segundos a cada 18 minutos, todos os dias entre 8h30min e 16h30min. Em dias chuvosos, com nebulosidade e alto índice de umidade relativa do ar, o sistema de névoa intermitente foi suspenso e realizado acompanhamento do teor de umidade do substrato.

O experimento foi avaliado 42 dias após a implantação. As características percentual de estacas vivas (EV), com calos (EC), com raízes (ER) e com brotos (EB), número de raízes (NR) e de brotos (NB) e o comprimento das três maiores raízes (CR) foram avaliadas.

As variáveis resposta em porcentagem foram transformadas em arco seno  $\sqrt{(x/100)}$  e as variáveis respostas ordinais foram transformadas em  $\sqrt{(x+ 0,5)}$ .

Foram realizados testes de Bartlett e Shapiro-Wilks para aferir o atendimento aos pressupostos da ANOVA, foi conduzida a análise de variância das variáveis em que os pressupostos foram atendidos (NESI *et al.*, 2020). As médias foram comparadas Tukey a 5%. Foi realizada a análise de componentes principais (ACP) para complementar a avaliação. Para avaliar se a matriz de correlação não é uma matriz identidade foi feito o teste de esfericidade de Bartlett. A ACP foi realizada utilizando o pacote Factoextra (KASSAMBARA *et al.*, 2020). Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2020).

### Resultados e Discussão

De acordo com o resumo da análise de variância (tabela 1) é possível verificar que houve efeito significativo para as variáveis ER e NR tanto para efeito da posição de coleta na planta matriz, quanto para aplicação de auxina. Para CR houve efeito significativo para posição de coleta e para interação entre a posição de coleta e a aplicação de auxina. Para as variáveis EV, EC, EB e NB os pressupostos da ANOVA não foram atendidos.

Tabela 1 - Soma dos quadrados para as características estacas com raízes(ER); número de raízes (NR) e comprimento médio das três maiores raízes (CR) em função da posição de coleta da estaca na planta matriz, aplicação de ácido indolbutírico (AIB) e interação entre os fatores em *Varronia curassavica* Jacq

FV	GL	ER	NR	CR
Posição	2	0.56753 ***	1.8027***	8.721*
Auxina	1	0.19059 **	0.7409**	2.022
Posição*Auxina	2	0.00831	0.1448	8.648*
Residuo	18	0.41142	0.9346	16.63
CV		17.91	13.73	30.18

Note:

Significância teste F : 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

<sup>1</sup> FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV : coeficiente de variação

Para ER (figura 1A), observou-se que as estacas coletadas em posições basais (68,7%) e intermediárias (62,5%) apresentaram o maior percentual de enraizamento, mas não se diferenciaram significativamente entre si. Porém, ambas se diferenciaram significativamente das estacas apicais (35,4%) para efeito da posição de coleta da estaca. Em relação à aplicação de auxina, houve influência positiva e significativa da aplicação de auxina sobre o percentual de ER (figura 1 B).

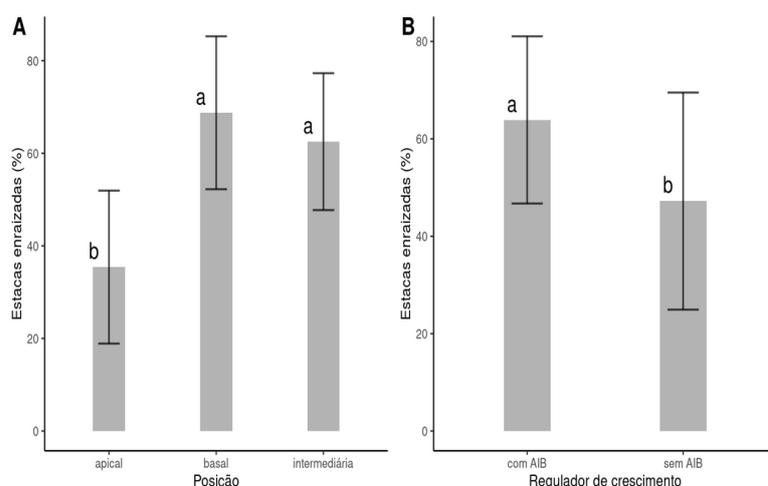


Figura 1 - Gráfico de barras do percentual de estacas enraizadas em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz (A) e em função da aplicação de AIB (B) em estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq. Tratamentos seguidos das mesmas letras não se diferenciaram pelo teste Tukey a 5%.

Resultado semelhante foi observado para NR, tanto para posição de coleta da estaca (figura 2 A), quanto para a aplicação de auxina (figura 2 B).

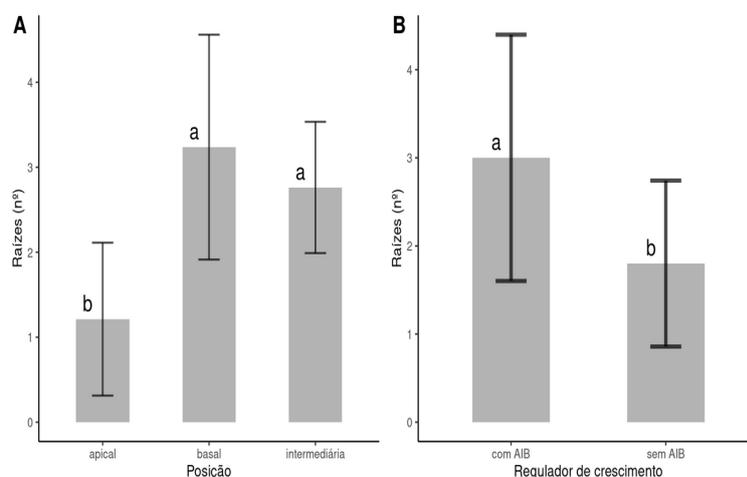


Figura 2 - Gráfico de barras do número de raízes em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz (A) e função da aplicação de AIB (B) em estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq. Tratamentos seguidos das mesmas letras não se diferenciaram pelo teste Tukey a 5%.

Em estudo com *Lobostemon fruticosus* (L) H. Buek, *Boraginaceae*, foi observado que as estacas basais tiveram desempenho melhor do que as estacas apicais quanto ao percentual de sobrevivência, enraizamento e índice de qualidade do enraizamento (SWARTS *et al.*, 2018). Entretanto, CONCEIÇÃO BERNARDO *et al.* (2020) comparando estacas herbáceas e lenhosas de *Cordia verbenacea* DC., recomendaram o uso de estacas herbáceas de ponteiro por apresentar menor mortalidade e maior

percentual de enraizamento. No presente estudo, estacas basais e intermediárias lenhosas de *V. curassavica* foram superiores a estacas apicais quanto ao enraizamento.

LAMEIRA *et al.* (1997) verificaram o maior percentual de enraizamento em miniestacas de *V. curassavica*, quando tratadas com de 250 mg. L<sup>-1</sup> de AIB (68%). MENDES *et al.* (2014) observaram percentual máximo de enraizamento (53,3%) em estacas lenhosas sem folhas de *V. curassavica*, quando tratadas com AIB na concentração de 2000 mg. L<sup>-1</sup>. O enraizamento de estacas submetidas à aplicação de AIB foi superior ao enraizamento de estacas não tratadas, estes resultados estão de acordo com a literatura. Estudos sugerem que a indução da formação da raiz adventícia foi promovida pelo alto nível de auxina e baixo nível de citocinina na zona de enraizamento (RASMUSSEN *et al.*, 2015). Espécies e genótipos podem ser classificados quanto à sensibilidade à auxina como de fácil, moderadamente difícil e de difícil enraizamento (HARTMANN *et al.*, 2013). A diferença entre genótipos de fácil e difícil enraizamento pode ser atribuída à variação na concentração de auxina conjugada na forma inativa e altas concentrações de auxina são requeridas na formação de raízes adventícias para várias espécies (GONIN *et al.*, 2019).

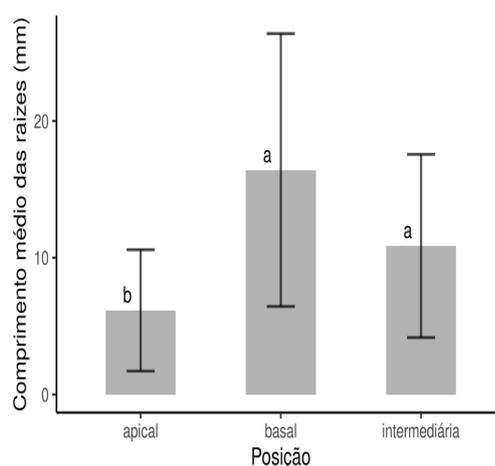


Figura 3 - Gráfico de barras do comprimento médio das três maiores raízes em relação à posição de coleta da estaca na planta matriz em estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq. Tratamentos seguidos das mesmas letras não se diferenciaram pelo teste Tukey a 5%.

Para a variável CR (figura 3), observou-se que as estacas coletadas em posições basais e intermediárias não se diferenciaram significativamente entre si, porém ambas se diferenciaram das estacas apicais. Não houve efeito significativo para aplicação de auxina, entretanto houve efeito significativo para a interação da posição de coleta com aplicação de auxina para CR.

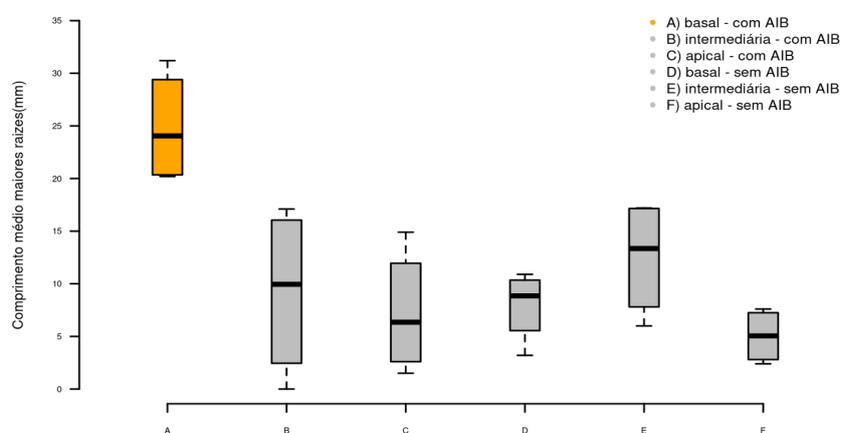


Figura 4 - Gráfico de caixa com desdobramento da interação da posição de coleta da estaca na planta matriz e aplicação de auxina em estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq. Em destaque (laranja) tratamento composto por estacas coletadas na região basal e tratadas com AIB, esse tratamento se diferenciou significativamente dos demais pelo teste Tukey a 5%

Ao realizar o desdobramento da interação foi observado que estacas basais tratadas com auxina foram significativamente superiores aos demais tratamentos (figura 4).

Os resultados demonstram que estacas coletadas das posições basais e intermediárias tiveram maior enraizamento adventício, ou seja, maior percentual de estacas enraizadas, maior número de raízes e maior comprimento médio das três maiores raízes.

Quanto à interação entre posição de coleta e aplicação de auxina para a variável CR, sugere-se que esteja relacionada à juvenildade, uma vez que a expressão de genes relacionados ao enraizamento e a maior sensibilidade à auxina estão relacionados a características juvenis (DÍAZ-SALA, 2020).

A partir da análise dos resultados pode-se afirmar que estacas lenhosas, basais e intermediárias atingiram percentuais de enraizamento superiores a 60%, demonstrando o potencial de uso deste tipo estaca para propagação dessa espécie.

Por meio da ACP foi possível verificar que o primeiro componente principal explica 64,9% da variação. As variáveis EV e ER estão mais correlacionadas ao componente principal 1 e CR está mais correlacionado ao componente principal 2. Para todos os vetores de resposta, as estacas basais e intermediárias demonstraram melhor desempenho que as apicais, corroborando com as análises univariadas. Ao analisar o Gráfico de dispersão das variáveis quanto a posição de coleta da estacas (figura 5), foi possível verificar que estacas basais apresentam melhor desempenho em comparação com as intermediárias para as variáveis relacionadas ao enraizamento adventício, essa hipótese merece ser melhor investigada, apesar de não ser significativa nas análises univariadas.

Sugere-se que o melhor resultado das estacas basais e intermediárias quanto ao enraizamento adventício esteja relacionado aos atributos das estacas, como maior diâmetro e volume da estaca, que pode estar relacionada à maior reserva de carboidratos e compostos relacionados ao enraizamento.

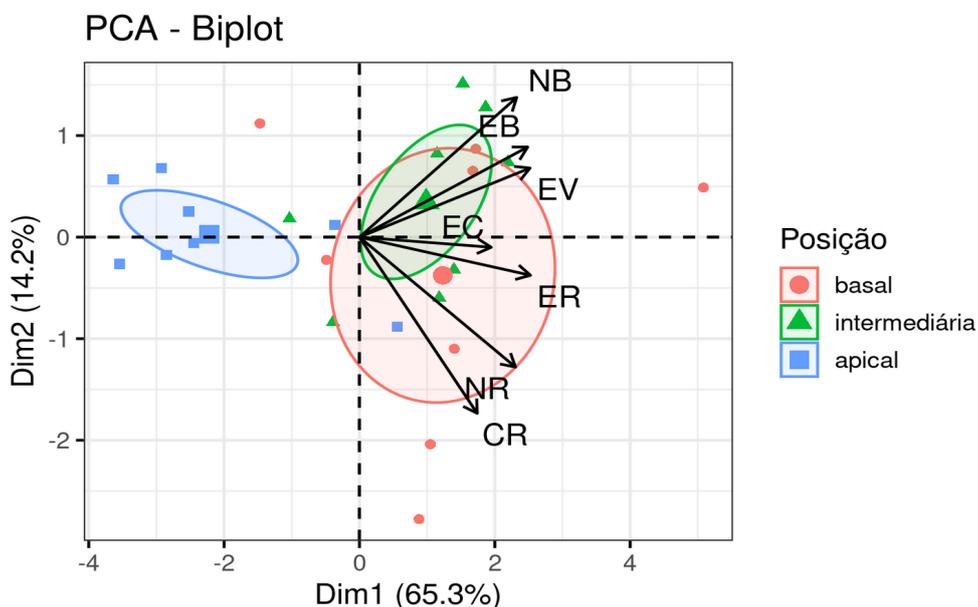


Figura 5 - Gráfico (biplot) de dispersão das variáveis estacas vivas (EV); com calos (EC); com raízes (ER) e com brotos (EB); número de raízes (NR) e de brotos (NB) e o comprimento das três maiores raízes (CR) quanto à posição de coleta das estacas em *Varronia curassavica* Jacq. Marcadores maiores no gráfico indicam a média para os tratamentos, elipse de confiança à 95%.

### Conclusão

Estacas lenhosas ou semilenhosas basais e intermediárias são indicadas para a propagação vegetativa.

A aplicação de AIB aumentou o percentual de estacas enraizadas número e comprimento das raízes, mas não foi indispensável para a formação de raízes adventícias em estacas de *V. curassavica*.

### Conflito de interesses

Os autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que possam ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

### Contribuição dos autores

1 – Sérgio Antônio Félix Júnior: realizou o planejamento da pesquisa, a implantação do experimento e coleta de dados, bem como as análises estatísticas e redação do presente artigo.

2 – Ernane Ronie Martins: orientou o planejamento do estudo, coleta de dados, análises estatísticas e revisou o presente artigo.

### Agradecimento

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais pelo fomento através Programa de Bolsas de Qualificação do Servidor - PBQS Editais 20/2020 e 74/2021.

A menção de uma marca registrada, produto proprietário ou fornecedor não constitui uma garantia ou garantia do produto pelos autores e não implica na sua aprovação com a exclusão de outros produtos ou fornecedores que também possam ser adequados.

### Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G., 2013: Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22 (6), 711-728. 2013.
- BISCHOFF, A. M., D. W. VENDRAMIM, E.N. GOMES, K.C. ZUFFELLATO RIBAS, M. L. ENGEL, R.A . MAGGIONI Enraizamento de Estacas de Erva-Baleeira Em Função de Diferentes Concentrações de Ácido Indol Butírico e Número de Folhas. **Revista de Ciências Agroveterinarias** 16 (1): 41–47, 2017.
- CAYE, V. A.; SCHNEIDER, S.; FERNANDES, F. F.; SEGATTO, C.; BUBA, G. P.; LAJUS, C. R.; CERICATO, A. Estaquia de erva baleeira submetidas à fitorregulador extraído da tiririca. **Rev. Am. Empreendedorismo e inovação**, vol. 2, p. 19–24, 2020.
- DA CONCEIÇÃO BERNARDO, B. E.; SATO, A. J.; DA COSTA ZONETTI, P. Propagation of erva-baleeira (*Cordia verbenacea* DC.) by cutting. **Rev. em Agronegocio e Meio Ambient.**, vol. 13, no. 3, p. 947–957, 2020.
- DÍAZ-SALA, C. A perspective on adventitious root formation in tree species. **Plants**, vol. 9, no. 12, p. 1–8, 2020.
- GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Cordia verbenacea* DC Boraginaceae. **Rev. Fitos**, vol. 7, no. 01, p. 17–25, 2013.
- GONIN; BERGOUGNOUX; NGUYEN; GANTET; CHAMPION. What Makes Adventitious Roots? **Plants**, vol. 8, no. 7, p. 240, 2019.
- GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: History, application, and plant attributes. **Forests**, vol. 9, no. 5, p. 1–23, 2018.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann & kester's plant propagation: Pearson new international edition PDF eBook: Principles and practices**: Pearson Education, 2013.
- HARTWIG, B. R.; RODRIGUES, D. S.; OLIVEIRA JUNIOR, C. J. F. Erva Baleeira, uma possibilidade real da sociobiodiversidade para modelos sustentáveis de produção. **HOLOS**, vol. 3, no. 3, p. 1–21, 2020.
- HOELTGEBAUM, M. P.; MONTAGNA, T.; LANDO, A. P.; PUTTKAMMER, C.; ORTH, A. I.; GUERRA, M. P.; DOS REIS, M. S. Reproductive Biology of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). **An. Acad. Bras. Cienc.**, vol. 90, no. 1, p. 59–71, 2018.
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package 'factoextra': Extract and visualize the results of multivariate data analyses. **CRAN- R Packag.**, p. 84, 2020.

LAMEIRA, O.; PINTO, J.; ARRINGTON-BLANK, M. Enraizamento de miniestacas de erva baleeira. **Hortic. Bras.**, vol. 15, p. 114–116, 1997.

LIMA, F. J. A. de; SOUSA, R. O. de; SILVA FILHO, F. A. e.; MENDES, M. R. de A.; VAL, A. D. B. do. Caracterização do crescimento e produção de óleo essencial da erva baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Res. Soc. Dev.**, vol. 10, no. 7, p. e5810716204, 2021.

MENDES, A. D. R.; LACERDA, T. H. S.; ROCHA, S. M. G.; MARTINS, E. R. Reguladores vegetais e substratos no enraizamento de estacas de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Rev. Bras. Plantas Med.**, vol. 16, no. 2, p. 262–270, 2014.

MENDIBURU, F. D. **Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research.** , 2021.

NESI, C. N.; WERNER, S. S. **Boletim técnico n 178 - Análise de dados com o ambiente R.** : EPAGRI, 2020.

PEREIRA, D. P.; MOREIRA, É. F. A.; SILVA, J. C. de O.; PRADO, M. C. do; GASPARINI, B. de N. Enraizamento adventício de estacas de *Varronia curassavica* Jacq. com uso de ácido indolbutírico. **Rev. Bras. Tecnol. Apl. nas Ciências Agrárias**, vol. 9, p. 113–119, 2016.

PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of Adventitious Root Formation of Difficult-to-Root Hardwood Tree Species. **Horticultural Reviews**, vol. 38, p. 213–251, 2011.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.**, 2020.

RASMUSSEN, A.; HOSSEINI, S. A.; HAJIREZAEI, M. R.; DRUEGE, U.; GEELEN, D. Adventitious rooting declines with the vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. **J. Exp. Bot.**, vol. 66, no. 5, p. 1437–1452, 2015.

SANTOS, S. O. dos; DÓREA, M. da C.; OLIVEIRA, R. P. de; LIMA, L. C. L. e. Flora de interesse meliponícola em um fragmento de Mata Atlântica no litoral norte da Bahia, Brasil. **Paubrasilia**, vol. 4, p. e0078, 2021.

SWARTS, A., B. MATSILIZA-MLATHI, AND R. KLEYNHANS. Rooting and Survival of Lobostemon Fruticosus (L) H. Buek Stem Cuttings as Affected by Season, Media and Cutting Position. **South African Journal of Botany** 119, p. 80–85.2018.

STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; XAVIER, A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, vol. 53, no. 9, p. 985–1002, 2018.

Esse artigo foi elaborado conforme as normas para submissão ao periódico Ciência Rural.

#### **4.2 Tipos de escarificação e níveis de sombreamento no enraizamento de estacas de *Varronia curassavica* Jacq.**

##### **Cutting wounding type and shading levels in adventitious rooting of *Varronia curassavica* Jacq**

###### **ABSTRACT**

*Varronia curassavica* Jacq is a medicinal plant native to Brazil, it produces essential oil rich in -humulene and  $\beta$ -caryophyllene, with proven anti-inflammatory properties. The cutting allows the production of seedlings in scale, in the short term and produces plants identical to the matrix plant. Additional wounds at the base of the cuttings may be beneficial for successful rooting in some species. Irradiance levels are required for seedlings maintenance during development. The influence of different scarification techniques on the cutting base and shading levels on adventitious rooting were evaluated. Basal and intermediate woody and semi-hardwood cuttings were collected. The experiment was carried out in a randomized block design, 3x3 factorial scheme, with split plots, with three types of scarification and irradiance levels, 36 plots, four blocks with nine cuttings per plot. Assessments were performed 42 days after implantation. The percentage of live cuttings, with calluses and roots, number of roots, number of shoots, length of the largest root and fresh and dry root matter were analyzed. The highest percentage of cuttings with calluses and number of shoots were observed in cuttings with cross section (39.8% and 0.30) and cuttings without wounds (33.33% and 0.33). It was concluded that an environment with higher irradiance provides better conditions for the development of cuttings, and that scarification at the base of the cutting did not increase adventitious rooting.

**Key words:** *Cordia verbenacea* DC, stem cuttings, Adventitious root, ,nursery parameters

## RESUMO

*Varronia curassavica* Jacq é uma planta medicinal nativa do Brasil, produz óleo essencial rico em  $\alpha$  - humuleno e  $\beta$  -cariofileno, com propriedade anti-inflamatória. A espécie pode ser propagada vegetativamente por estaquia. A estaquia possibilita a produção de mudas em escala, em curto prazo e produz plantas idênticas à planta matriz. Ferimentos adicionais na base da estaca podem ser aumentar o enraizamento em algumas espécies e níveis de irradiância são requeridos na manutenção das estacas durante o desenvolvimento. Foram avaliadas a sobrevivência, enraizamento, calogenese e brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, em função de níveis de sombreamento e tipos de escarificação na base da estaca. Foram coletadas estacas lenhosas e semilenhosas basais e intermediárias. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 3x3, com parcelas subdivididas, três tipos de escarificação e níveis de irradiância, sendo quatro blocos, 36 parcelas com nove estacas por parcela. As avaliações foram realizadas 42 dias após a implantação. Foram avaliados nas estacas: percentual de estacas vivas, com calos e raízes, número de raízes, número de brotos, comprimento da maior raiz e matéria fresca e seca da raiz. O maior percentual de estaca com calos e número de brotos foi observado, em estacas com secção transversal (39,8% e 0,30) e estacas sem ferimento (33,33% e 0,33). Concluiu-se que os ambiente com maior irradiância proporciona melhores condições para o desenvolvimento das estacas e que a escarificação na base da estaca não aumentou o enraizamento adventício.

**Palavras-chave:** *Cordia Verbenacea* DC., estacas caulinares, raízes adventícias, parâmetros de viveiro.

## INTRODUÇÃO

*Varronia curassavica* Jacq é uma planta medicinal nativa do Brasil. Tricomas presentes em suas folhas contêm óleo essencial produzido por vias metabólicas secundárias. Ensaio clínicos comprovaram ação anti-inflamatória deste óleo, rico em  $\alpha$ -humuleno,  $\beta$ -cariofileno e outros 44 compostos diferentes (FERNANDES et al., 2021). O cultivo comercial atualmente se restringe a áreas pequenas no interior do estado de São Paulo e Paraíba (HARTWIG et al. 2020). Em estudos recentes foi identificado o potencial deste óleo essencial no controle de *Phytomonas serpens* e como bioinseticida no controle da *Dorymyrmex thoracicus* (OLIVEIRA et al., 2019; SILVA et al., 2019).

Apesar da propagação por sementes ser viável, a espécie apresenta floração irregular, isto é, sem uma época definida, com baixa taxa de fecundação e autoincompatibilidade, porém alguns genótipos podem romper as barreiras de autoincompatibilidade (HOELTGEBAUM et al., 2018 e PEREIRA, 2018). Ao comparar diferentes acessos desta espécie foram identificadas variações na composição, concentração e características do óleo essencial (FERNANDES et al., 2021; MENDES, A. D. R. et al., 2014).

As plantas têm capacidade de regenerar uma nova planta inteira, a partir de células ou tecidos. As técnicas de propagação vegetativa podem aprimorar essa capacidade, garantido a multiplicação do material vegetal e manutenção de características de interesse (HARTMANN et al., 2013). Em plantas em que o produto de interesse é sintetizado a partir do metabolismo secundário, a propagação vegetativa preserva as características dos metabólitos (GONIN et al., 2019).

Para que a estaquia seja possível, é necessário que ocorra o enraizamento adventício. As raízes adventícias se formam pós-embrionicamente a partir de outros órgãos, que não sejam raízes, em resposta a diferentes sinais ambientais, sendo esse processo altamente regulado por ativação hormonal cruzada (MHIMDI et al. 2020).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a sobrevivência, enraizamento, calogênese e brotação de estacas semilenhosas e lenhosas *V. curassavica*, em função de níveis de sombreamento e tipos de escarificação na base da estaca

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – IFNMG - Campus Araçuaí S16°50'48.4"/W042°02'09.0", em abrigo para mudas constituído por telado com sombreamento de aproximadamente 50% e orientação leste-oeste, sobre bancadas elevadas à 90 cm do solo. O clima predominante no município de Araçuaí-MG é tropical com inverno seco, Aw pela classificação de Köppen (ALVARES et al, 2013). Experimento cadastrado no SISGEN nº A8380B2.

Foram coletadas estacas caulinares da espécie *Varronia curassavica* Jacq., no mês de agosto, no inverno, às margens da rodovia BA 275 no município de Belmonte-BA, a vegetação predominante no local de coleta era Mata Atlântica e o clima tropical úmido, sem estação seca, Af pela classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). As coordenadas geográficas e a elevação do local de coleta em relação ao nível do mar são respectivamente, S16°04'02.8/ W039°10'01.0" e 89 metros. O acesso foi

realizado em cinco indivíduos próximos entre si, com altura estimada em 1,8 m, não foi possível determinar a idade cronológica das matrizes. A coleta foi realizada entre 7h00mn e 9h00mn com tempo chuvoso. O material vegetal foi mantido úmido com auxílio de borrifador d'água.

As estacas foram preparadas em local sombreado com auxílio de tesoura de poda e canivete e foram mantidas em água para evitar a desidratação. Estacas lenhosas e semilenhosas das porções basal e intermediária das matrizes com diâmetro variando de 6,3 mm a 14,6 mm, foram padronizadas com comprimento de 12 cm com auxílio de gabarito e foi feito corte em bisel no topo e na base. A desinfestação das estacas foi feita por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,05% (v/v) por 5 minutos, sendo depois lavado em água por 15 minutos. Após o tratamento, as estacas foram acondicionadas em sacos de polietileno e transportadas em caixa térmica.

O experimento foi implantado no dia 31 de agosto de 2021 em esquema fatorial 3x3, com delineamento em blocos casualizados, em parcela subdivididas, sendo o nível de irradiância de 14%, 29% e 67% em relação ao sol pleno, a variação de irradiância entre os ambientes foi aferida em lux com luxímetro digital (Instrutherm mod LD-400) durante dez dias aleatórios às 12:00h e posteriormente convertido para densidade de fluxo fotossintético pela fórmula  $\text{Lux} * 0.0185 = \mu\text{mol} * \text{m}^{-2} * \text{s}^{-1}$ , sendo respectivamente 358, 765 e 1759 os valores correspondentes em  $\mu\text{mol} * \text{m}^{-2} * \text{s}^{-1}$  (APOGEE INSTRUMENTS, 2022). Os tipos de escarificação foram LB - incisão longitudinal feita a aproximadamente 1,5 cm da base de forma a expor o câmbio vascular sem atingir a região da medula, SC - secção transversal na base da estaca com aproximadamente 1,5 cm e SE - sem escarificação. Todas as estacas foram tratadas com auxina aplicando enraizador comercial Sela gel® com 2000 ppm de AIB.

O planejamento foi feito com auxílio do software R com o pacote agricolae (MENDIBURU, 2021). Foram consideradas 36 parcelas, sendo quatro repetições com nove estacas por parcela. As estacas foram plantadas em bandejas perfuradas preenchidas com camada de aproximadamente 6 cm de substrato formulado com perlita média e substrato comercial carolina soil® (classe VII pH 5,5, CE 1,0 mS/cm, umidade máxima 60%, densidade seca 130 kg/m<sup>3</sup>, CRA 300% turfa, vermiculita, resíduo orgânico industrial e calcário) na proporção de 2:1 v/v. A irrigação foi realizada por sistema de névoa intermitente com turno de 18 segundos a cada 30 minutos de 8h30min às 16h30min foi utilizada água tratada. Em dias chuvosos, com nebulosidade e alta umidade relativa do ar, o sistema de névoa intermitente foi suspenso e realizado acompanhamento do teor de umidade do substrato.

O experimento foi avaliado 42 dias após a implantação. Foram avaliados o percentual de estacas vivas (EV); estacas com calos (EC); com raízes (ER) e com brotos (EB); número de raízes (NR) e de brotos (NB); comprimento da maior raiz (CR); massa fresca (MFR) e seca das raízes (MSR). As variáveis resposta em porcentagem foram transformadas em  $\arcsin(\sqrt{x / 100})$  e as variáveis respostas ordinais foram transformadas em  $\sqrt{(x + 0,5)}$ , quando necessário.

Foi utilizado o software R (R CORE TEAM, 2020) para análise estatística, foram conduzidos teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias e teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade na distribuição dos resíduos. Realizou-se a análise de variância (ANOVA) e

Tukey a 5% (NESI *et al.*, 2020). Realizou-se teste não paramétrico de Friedman para as variáveis em que não foram atendidos os pressupostos da ANOVA, foi utilizado o teste de Wilcoxon para análise *post hoc*, o pacote ggstatsplot foi utilizado para a visualização dos dados não paramétricos (PATIL, 2021).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (tabela 2), houve efeito significativo para tipo de escarificação na base da estaca para EC e NB. Para percentual de EB, NR, CR e MFR, as médias dos tratamentos não se diferenciaram significativamente para nenhum dos fatores e nem para a interação.

Tabela 2: Soma dos quadrados para estacas com calos (EC); estacas com brotos(EB), número de brotos (NB), número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CR) e massa fresca da raiz (MFR) para sob níveis de irradiância, tipos de escarificação na base da estaca e interação entre os fatores em *Varronia curassavica* Jacq.

FV	GL	EC	EB	NB	NR	CR	MFR
Bloco	3	0.0210	0.23	0.0213	0.97	12.43	0.06
Irradiância	2	0.7060	0.39	0.1020	5.63	17.15	0.10
Erro a	6	0.5046	0.48	0.0874	5.01	16.81	0.43
Escarificação	2	0.3424*	0.16	0.0900*	2.90	15.45	0.12
Irradiância:Escarificação	4	0.1973	0.17	0.0789	1.95	4.35	0.31
Erro b	18	0.6736	0.78	0.1774	14.39	63.25	1.19
CV(a)		50.7	68.20	14	63.40	32.70	27.00
CV(b)		33.8	50.20	11.5	62.00	36.60	26.00

Note:

Significância teste F : 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<sup>1</sup> FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV : coeficiente de variação

Observou-se maior percentual de EC no tratamento com escarificação SC (39,8%) e sem escarificação SE (33,33%), não se diferenciando entre si. O menor percentual de EC foi observado no tratamento com escarificação LB (22,22%) se diferenciando significativamente do tratamento SC e não se diferenciando do tratamento SE (figura 6A). Para NB foi observado que o tratamento SE (0,33), se diferenciou do tratamento com escarificação LB (0,12). O tratamento com escarificação SC (0,30), não se diferenciou do tratamento SE e do tratamento LB (figura 6B).

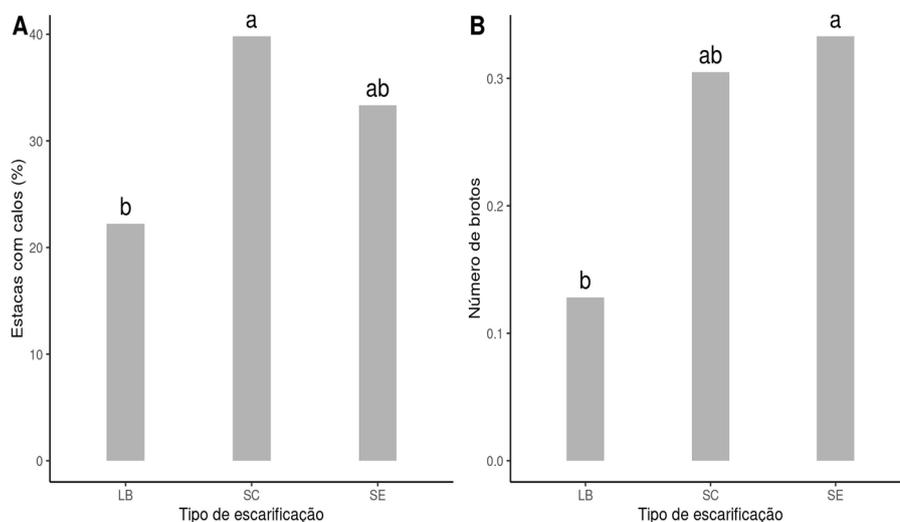


Figura 6 - Gráfico de barras do percentual de estacas caulinares com calos (A) e números de brotos (B) em relação ao tipo de escarificação em *Varronia curassavica* Jacq. LB - incisão longitudinal na base da estaca, SC - secção transversal na base da estaca e SE - sem escarificação. Tratamentos seguidos das mesmas letras não se diferenciaram pelo teste Tukey a 5%.

Em ambiente sob irradiâncias de  $1759 \mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$  as estacas apresentaram maior percentual de EV, se diferenciando significativamente do ambiente  $358 \mu\text{mol. m}^{-2}. \text{s}^{-1}$  ( $p\text{-valor} = 0,01$ ). Esse resultado indica evidência moderada em favor da diferença entre os tratamentos e com diferença muito grande entre as medianas, segundo a interpretação da classificação bisserial (figura 7 A) (BENSHACHAR *et al.*, 2020). Esse efeito não foi observado na comparação entre os demais tratamentos (figura 7B e C).

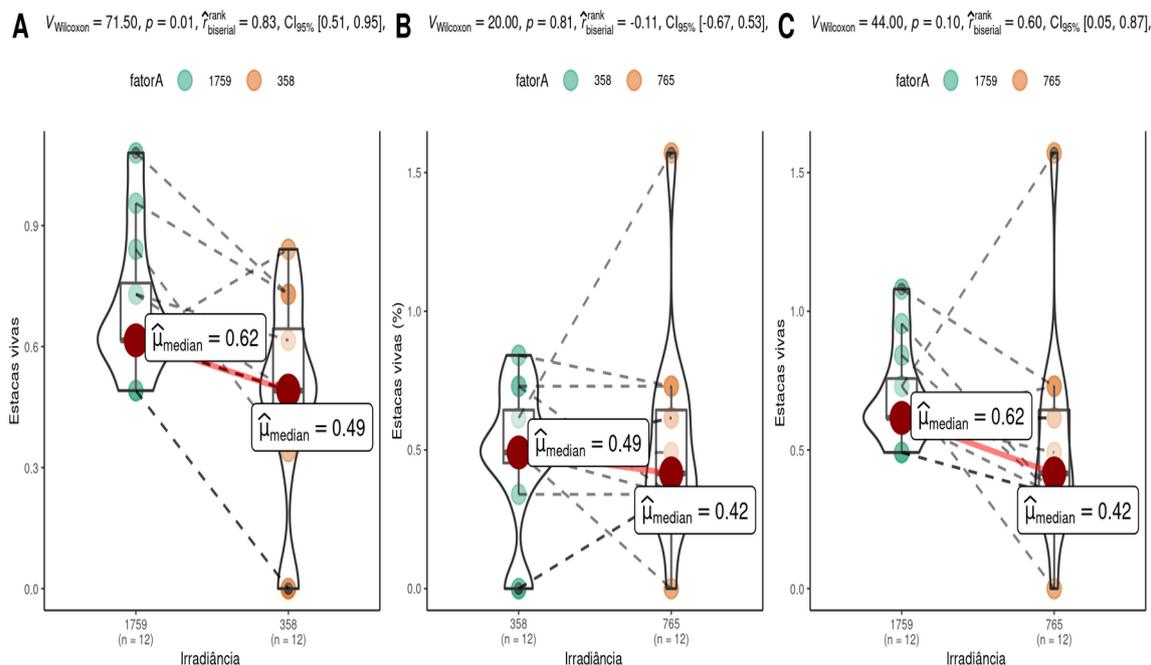


Figura 7 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável estacas vivas (EV) em relação a diferentes níveis de sombreamento no ambiente de propagação para estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq

Em ambiente sob irradiâncias de  $1759 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  as estacas apresentaram maior percentual de ER, se diferenciando significativamente do ambiente  $765 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  ( $p$ -valor = 0,006). Esse resultado indica evidência forte em favor da diferença entre os tratamentos, com diferença muito grande entre as medianas, segundo a interpretação da classificação bisserial (figura 8C) (BENSHACHAR *et al.*, 2020). Esse efeito não foi observado na comparação entre os demais tratamentos (figura 8A e B).

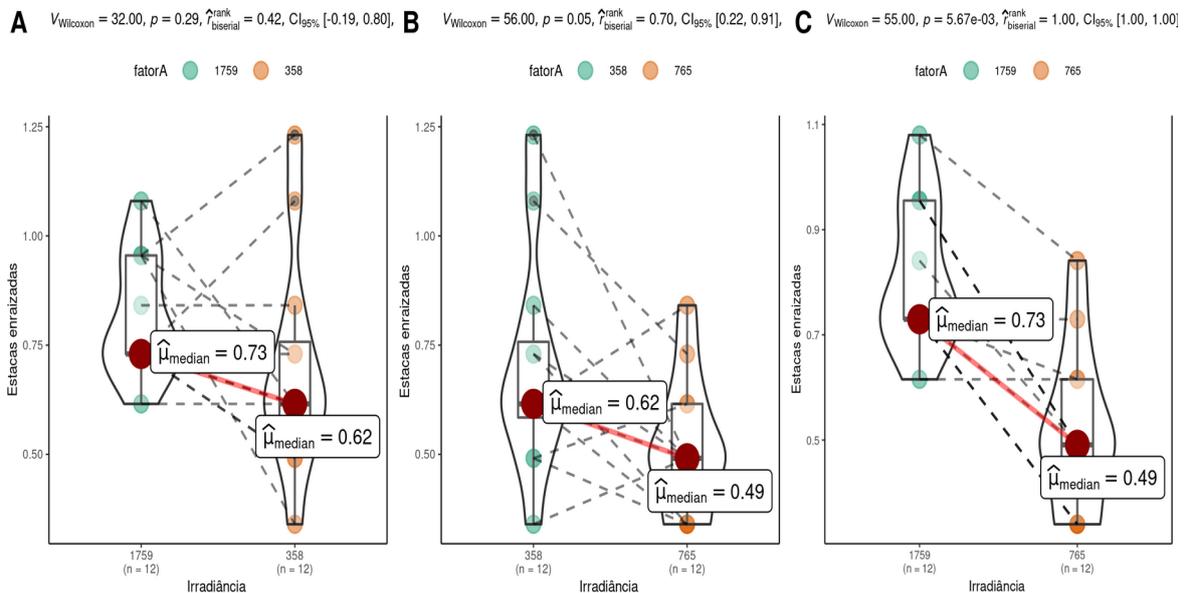


Figura 8 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação bisserial para variável estacas enraizadas (ER) em relação a diferentes níveis de sombreamento no ambiente de propagação em *Varronia curassavica* Jacq.

Para escarificação na base da estaca, o tratamento SC apresentou maior percentual de ER, se diferenciando significativamente do tratamento LB ( $p$ -valor = 0,01). Esse resultado indica evidência moderada em favor da diferença entre os tratamentos, com diferença muito grande entre as medianas, segundo a interpretação da classificação bisserial (figura 9A) (BEN-SHACHAR *et al.*, 2020). O mesmo ocorrendo na comparação entre tratamento SE e LB ( $p$ -valor = 0,04) (figura 9B). Na comparação entre os tratamentos SE e SC não foi observada diferença significativa (figura 9C).

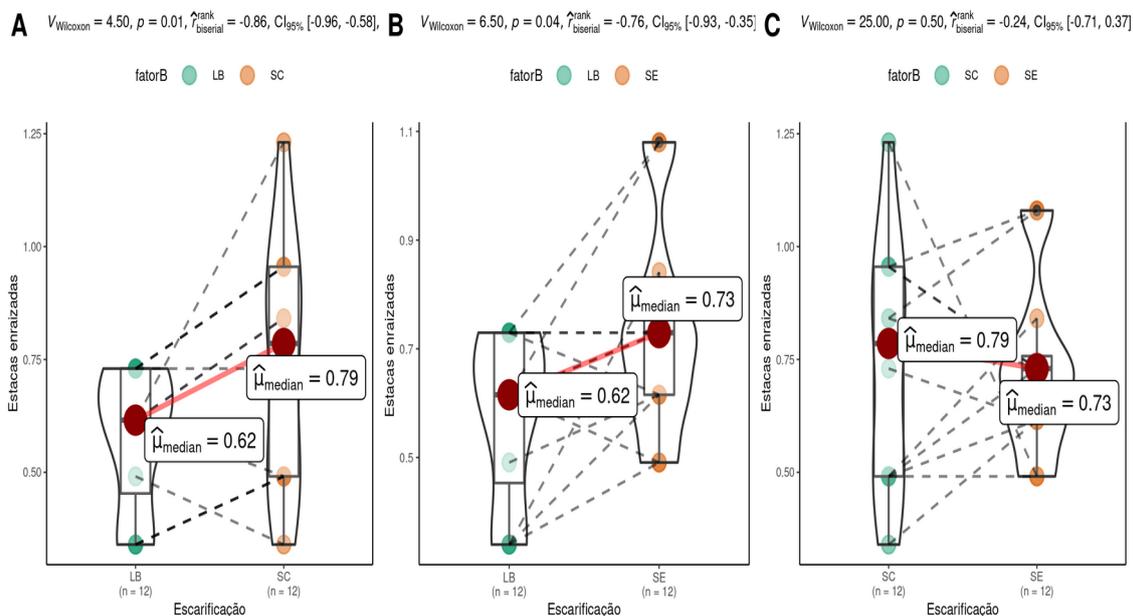


Figura 9 - Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação biserial para variável estacas enraizadas (ER) em relação em relação ao tipo de escarificação na base da estaca em *Varronia curassavica* Jacq.

O tratamento SE apresentou maior MSR para escarificação na base da estaca, se diferenciando significativamente do tratamento LB ( $p$ -valor = 0,007). Esse resultado indica evidência forte em favor da diferença entre os tratamentos, com diferença muito grande entre as medianas, segundo a interpretação classificação biserial (figura 10 B) (BEN-SHACHAR et al., 2020). Esse efeito não foi observado na comparação entre os demais tratamentos (figura 10 A e C).

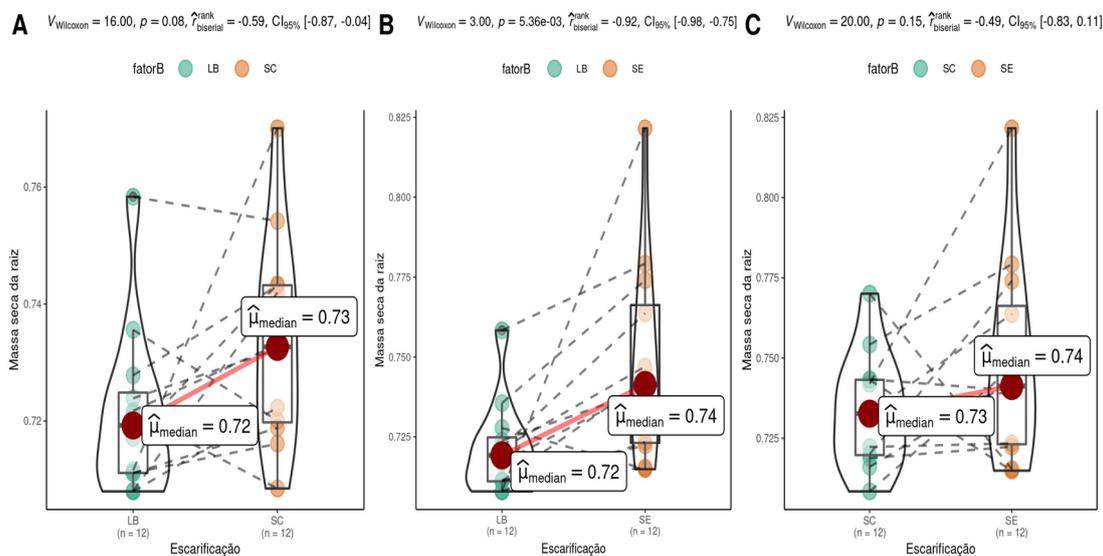


Figura 10: Gráfico violino com detalhamento de teste Wilcoxon e classificação biserial para variável Massa seca de raiz (MSR) em relação ao tipo de escarificação na base da estaca em *Varronia curassavica* Jacq

Os resultados demonstram que ambientes de propagação com maior irradiância possibilitam melhores condições para a sobrevivência e para a formação de raízes e brotos em estacas caulinares de *V. curassavica*. Esta conclusão está de acordo com BARAZETTI et al. (2022), que observaram que em sistemas de cultivo, *V. curassavica* apresentou maior taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração quando submetidas a maior irradiância. Entretanto, MESÉN et al. (1997), ao avaliarem efeitos do ambiente de propagação e da área foliar na fisiologia do enraizamento de estacas de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken, concluíram que o enraizamento não foi afetado significativamente pelos diferentes ambientes de propagação (com e sem sombreamento). Pode-se inferir que o efeito de níveis de irradiância no enraizamento e sobrevivência de estacas de *V. curassavica* também sejam moderados.

A avaliação da aplicação de ferimentos adicionais em *V. curassavica* indica que não houve aumento em relação ao percentual de enraizamento, número de raízes e ao peso seco das raízes. Estacas com escarificação longitudinal foram inferiores aos demais tratamentos para estas variáveis. Apesar da escarificação ter potencial para estimular a divisão celular e promover a formação do primórdio radicular, HIGUCHI et al. (2021) não observaram efeito da lesão na base da estaca ao avaliarem enraizamento de estacas herbáceas de mirtilo variedade 'Woodard'. Entretanto, AL-SALEM et al. (2001), verificaram que aplicar dois ferimentos longitudinais na base da estaca de *Arbutus andrachne* aumentou o percentual de enraizamento, número de raízes, peso fresco e seco das raízes. Na propagação por estaquia de *Spondias sp*, MENDES et al. (2019) demonstraram que lesão e secção transversal feitos na base da estaca influenciaram positivamente o enraizamento.

FRÖLECH et al. (2021) verificaram que as miniestacas de oliveira 'Arbequina', com lesão e sem AIB apresentaram as maiores médias para a maioria das variáveis avaliadas.

No presente estudo o ferimento longitudinal na base não influenciou positivamente o enraizamento em comparação com a secção transversal ou estacas sem escarificação. Estacas intactas ou com secção transversal na base se mostraram superiores a estacas com lesão longitudinal na base em relação às EV, EC, ER e MSR, porém não diferenciaram em relação a outras variáveis relevantes como EB, NR, MFR e CR.

A partir desse resultado pode-se inferir que a influência da escarificação na propagação por estaquia foi moderada. A incisão longitudinal na base da estaca não foi adequada para o incremento do enraizamento adventício.

### **CONCLUSÃO**

Ambiente com maior irradiância proporciona melhores condições para a sobrevivência, formação de raízes adventícias e brotos. A incisão longitudinal na base da estaca não aumenta o enraizamento em estacas caulinares de *Varronia curassavica* Jacq.

### **CONFLITO DE INTERESSES**

Os autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que possam ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

### **CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES**

1 – Sérgio Antônio Félix Júnior: realizou o planejamento da pesquisa, a implantação do experimento e coleta de dados, bem como as análises estatísticas e redação do presente artigo;

2 – Ernane Ronie Martins: orientou o planejamento do estudo, coleta de dados, análises estatísticas e revisou o presente artigo.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais pelo fomento através Programa de Bolsas de Qualificação do Servidor - PBQS Editais 20/2020 e 74/2021.

A menção de uma marca registrada, produto proprietário ou fornecedor não constitui uma garantia ou garantia do produto pelos autores e não implica na sua aprovação com a exclusão de outros produtos ou fornecedores que também possam ser adequados.

### **REFERÊNCIAS**

AL-SALEM, M. M.; KARAM, N. S. Auxin, wounding, and propagation medium affect rooting response of stem cuttings of *Arbutus andrachne*. **HortScience**, vol. 36, no. 5, p. 976–978, 2001.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G., 2013: Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22 (6), 711-728. 2013.

APOGEE INSTRUMENTS, I. **Conversion ppfd to lux**. Disponível em : <<https://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppfd-to-lux/>>, acessado em 02/02 2022.

BARAZETTI, V. M.; GROSS, E.; SODRÉ, G. A.; DALMOLIN, Â. C.; COSTA, L. C. D. B.; RIBEIRO, M. A. Q. Growth, leaf gas exchange and mycorrhizal colonization of three medicinal species submitted to different irradiance levels. **Cienc. Rural**, vol. 52, no. 3, 2022.

BEN-SHACHAR, M. S.; LÜDECKE, D.; MAKOWSKI, D. effectsize: Estimation of effect size indices and standardized parameters. **Journal of Open Source Software**, vol. 5, no. 56, p. 2815, 2020.

FERNANDES, T. O. M.; QUEIROZ, T. B.; ROCHA, S. M. G.; FONSECA, F. S. A. da; AZEVEDO, A. M.; TEIXEIRA, G. L.; MARTINS, E. R. Seasonal variation in the essential oil from *varronia curassavica* Jacq. Accessions. **Bol. Latinoam. y del Caribe Plantas Med. y Aromat.**, vol. 20, no. 6, p. 672–686, 2021.

FRÖLECH, D. B.; ASSIS, A. M. de; OXLEY, H. N.; NADAL, M. C.; OLIVEIRA, B. A. dos S.; SCHUCH, M. W. Lesão na base e formas de aplicação de ácido indolbutírico na miniestaquia de oliveira 'Arbequina'. **Res. Soc. Dev.**, vol. 10, no. 11, p. e79101119290, 2021.

GONIN; BERGOUGNOUX; NGUYEN; GANTET; CHAMPION. What Makes Adventitious Roots? **Plants**, vol. 8, no. 7, p. 240, 2019.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann & kester's plant propagation: Pearson new international edition PDF eBook: Principles and practices**: Pearson Education, 2013.

HARTWIG, B. R.; RODRIGUES, D. S.; OLIVEIRA JUNIOR, C. J. F. Erva Baleeira, uma possibilidade real da sociobiodiversidade para modelos sustentáveis de produção. **HOLOS**, vol. 3, no. 3, p. 1–21, 2020.

HIGUCHI, M. T.; RIBEIRO, L. T. M.; AGUIAR, A. C. D.; ZEFFA, D. M.; ROBERTO, S. R.; KOYAMA, R. Methods of application of indolebutyric acid and basal lesion on 'Woodard' blueberry cuttings in different seasons. **Rev. Bras. Frutic.**, vol. 43, no. 5, p. 1–9, 2021.

HOELTGEBAUM, M. P.; MONTAGNA, T.; LANDO, A. P.; PUTTKAMMER, C.; ORTH, A. I.; GUERRA, M. P.; DOS REIS, M. S. Reproductive Biology of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). **An. Acad. Bras. Cienc.**, vol. 90, no. 1, p. 59–71. 2018.

KAREEM, A.; RADHAKRISHNAN, D.; SONDHY, Y.; AIYAZ, M.; ROY, M. V.; SUGIMOTO, K.; PRASAD, K. De novo assembly of plant body plan: a step ahead of Deadpool. **Regeneration**, vol. 3, no. 4, p. 182–197, 2016.

MENDES, A. D. R.; LACERDA, T. H. S.; ROCHA, S. M. G.; MARTINS, E. R. Reguladores vegetais e substratos no enraizamento de estacas de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Rev. Bras. Plantas Med.**, vol. 16, no. 2, p. 262–270, 2014.

MENDES, N. V. B.; SOUZA, F. X. D.; ROSSETTI, A. G.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. D. M. Agrochemicals and stem cutting types for plantlet production of *spondias* sp. **Rev. Caatinga**, vol. 32, no. 4, p. 1104–1110, 2019.

MENDIBURU, F. D. **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research**. 2021.

MESÉN, F.; NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B. The effects of propagation environment and foliar area on the rooting physiology of. **Trees**, vol. 11, no. 7, p. 404, 1997.

MHIMDI, M.; PÉREZ-PÉREZ, J. M. Understanding of Adventitious Root Formation: What Can We Learn From Comparative Genetics? **Front. Plant Sci.**, vol. 11, p. 1–10, 2020.

NESI, C. N.; WERNER, S. S. **Boletim técnico n 178 - Análise de dados com o ambiente R** : EPAGRI, 2020.

OLIVEIRA, B. M. S. de; MELO, C. R.; SANTOS, A. C. C.; NASCIMENTO, L. F. A.; NÍZIO, D. A. C.; CRISTALDO, P. F.; BLANK, A. F.; BACCI, L. Essential oils from *Varronia curassavica* (Cordiaceae) accessions and their compounds (E)-caryophyllene and -humulene as an alternative to control *Dorymyrmex thoracius* (Formicidae: Dolichoderinae). **Environ. Sci. Pollut. Res.**, vol. 26, no. 7, p. 6602–6612, 2019

PATIL, I. Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. **Journal of Open Source Software**, vol. 6, no. 61, p. 3167, 2021

PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of Adventitious Root Formation of Difficult-to-Root Hardwood Tree Species. **Horticultural Reviews**, vol. 38, p. 213–251., 2011.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.**, 2020

SILVA, K. P.; DE CARVALHO SANTOS, T. A.; MOUTINHO, B. L.; SILVA, R. S. da; DOS SANTOS PINTO, V.; BLANK, A. F.; CORRÊA, C. B.; SCHER, R.; FERNANDES, R. P. M. Using *Varronia curassavica* (Cordiaceae) essential oil for the biocontrol of *Phytomonas serpens*. **Ind. Crops Prod.**, vol. 139, 2019.

## **5 CONCLUSÃO GERAL**

Estacas semilenhosas e lenhosas, basais e intermediárias são recomendadas para estaquia em *Varronia curassavica* Jacq.

Ambiente de propagação com maior irradiância proporciona melhores condições para o desenvolvimento de estacas caulinares desta espécie.

## APÊNDICE A

Informação suplementar - Posição de coleta e aplicação de ácido indol butírico no enraizamento de estacas de *Varronia curassavica* Jacq

Figuras

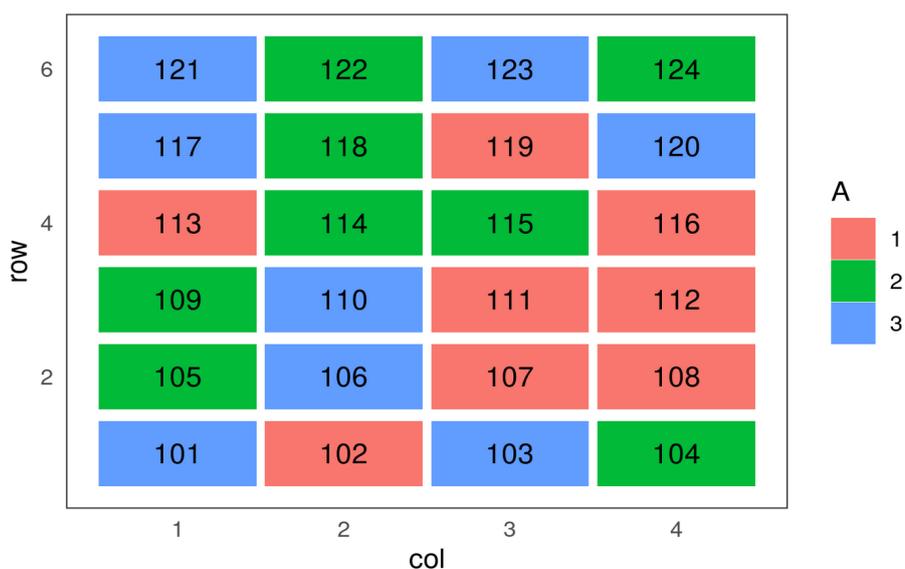


Figura 11 - Croqui de implantação do experimento posição de coleta e aplicação de ácido indol butírico no enraizamento de estacas de *Varronia curassavica* Jacq. Planejamento em esquema fatorial 3 X 2, delineamento inteiramente casualizados. Fator A - posição de coleta e Fator B - aplicação de AIB. Em destaque fator A- posição de coleta na planta matriz, sendo 1 - basal, 2- intermediária e 3 apical. O número dentro do retângulo identifica a parcela e a cor de preenchimento o tratamento referente ao fator A. O croqui, juntamente com o caderno de campo (pacote agricolae) serviram para orientar a implantação e condução do experimento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

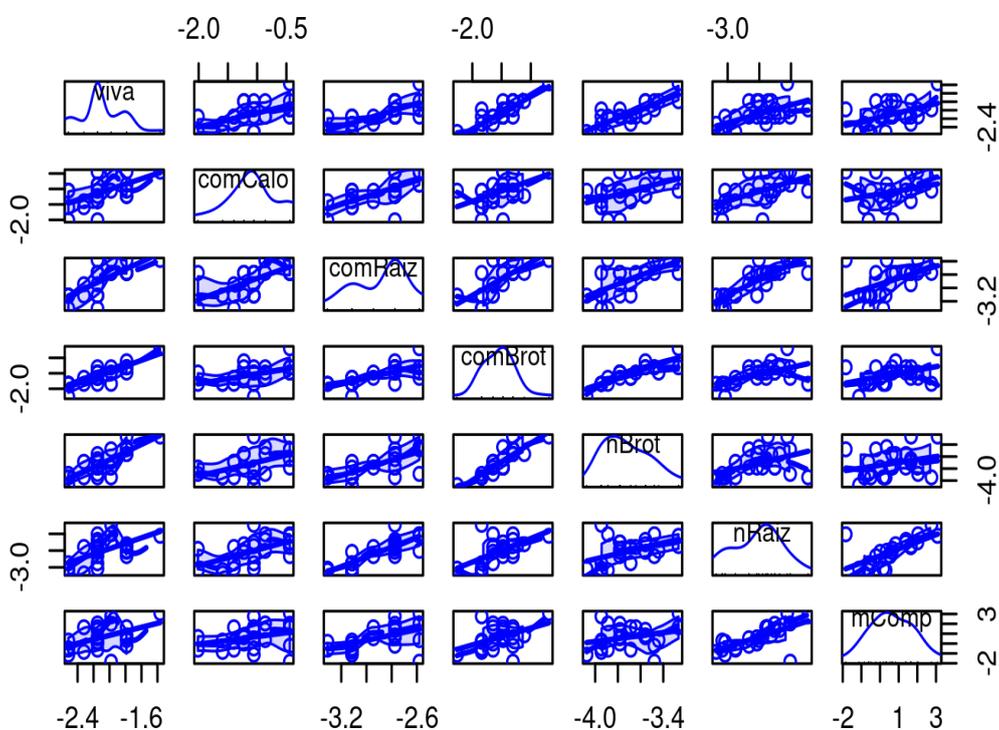


Figura 12 - Matriz de gráficos de dispersão das variáveis com dispersão bivariada e densidade na diagonal em *Varronia curassavica* Jacq. Visualização da correlação entre as variáveis estacas vivas (vivas), estacas com calos (comCalo), estacas com raízes (comRaiz), estacas com brotos (comBrot), número de brotos (nBrot), número de raízes (nRaiz) e comprimento médio as três maiores raízes (mComp).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022 .

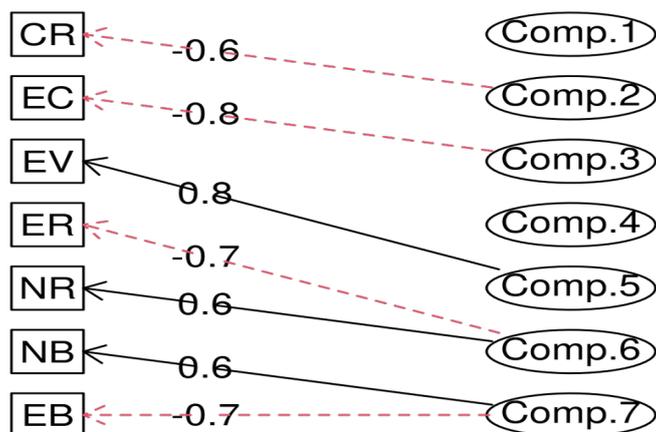


Figura 13 - Esquema de análise dos fatores em função da posição de coleta na planta matriz em *Varronia curassavica Jacq.* As setas indicam a variável quem tem maior carregamento para componente(Comp.), sendo que setas pretas indicam carregamento positivo e setas vermelhas carregamento negativo. EV - estacas vivas, EC- estaca com calos, ER estacas com raízes, EB- estacas com brotos, NB - número de brotos, NR - número de raízes e CR comprimento médio das três maiores. Componentes que não apresentam setas possuem carregamento balanceado dos autovetores em relação as variáveis.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

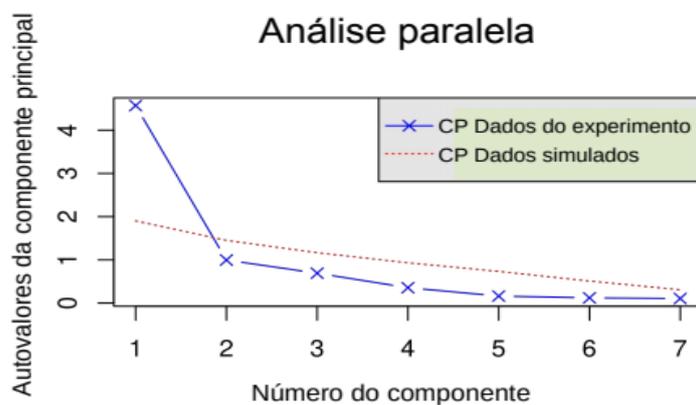


Figura 14 - Gráfico de análise paralela em *Varronia curassavica* Jacq., para análise do número de componentes principais a serem mantidos. Comparação de autovalores gerados a partir do dados experimentais, com autovalores gerados a partir de uma matriz Monte-carlo simulada a partir de dados aleatórios do mesmo tamanho em função da posição de coleta na planta matriz  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

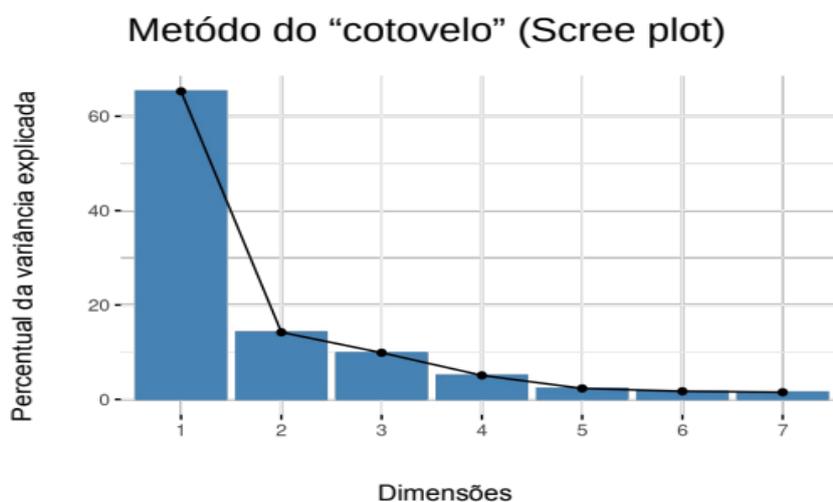


Figura 15 - Gráfico "cotovelo" com detalhamento da proporção da variação retida por cada componente principal função da posição de coleta na planta matriz em *Varronia curassavica* Jacq.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## APÊNDICE B

Informação suplementar - Tipos de escarificação e níveis de sombreamento no enraizamento de estacas de *Varronia curassavica* Jacq.

Figuras

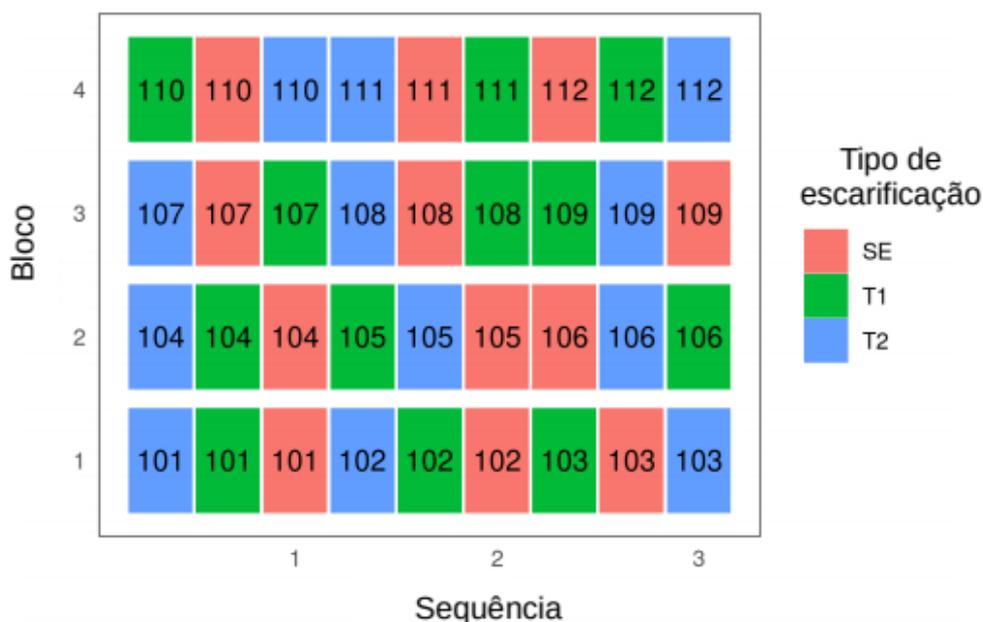


Figura 16 - Croqui de implantação do experimento níveis de irradiância e tipos de escarificação no enraizamento de estacas caulinares de *V.curassavica*, fatorial 3 X 3, em blocos casualizados com parcelas subdividas. Fator A níveis de irradiância e Fator B tipos de escarificação. O croqui, juntamente com o caderno de campo (pacote agricolae) serviram para orientar a implantação e condução do experimento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## ANEXOS



Ministério do Meio Ambiente  
**CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO**

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

**Certidão**

**Cadastro nº A8380B2**

Declaramos, nos termos do art. 41 do Decreto nº 8.772/2016, que o cadastro de acesso ao patrimônio genético ou conhecimento tradicional associado, abaixo identificado e resumido, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado foi submetido ao procedimento administrativo de verificação e não foi objeto de requerimentos admitidos de verificação de indícios de irregularidades ou, caso tenha sido, o requerimento de verificação não foi acatado pelo CGen.

Número do cadastro: **A8380B2**  
 Usuário: **Sérgio Antônio Felix Júnior**  
 CPF/CNPJ: **059.903.986-89**  
 Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**  
 Finalidade do Acesso: **Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico**

**Espécie**

**Varronia curassavica**

Título da Atividade: **Propagação vegetativa de Varronia curassavia Jacq por estaquia**

**Equipe**

<b>Sérgio Antônio Felix Júnior</b>	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b>
<b>Ernane Ronie Martins</b>	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b>

Data do Cadastro: **10/03/2021 21:28:17**

Situação do Cadastro: **Concluído**

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético  
 Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em **17:40** de **03/04/2022**.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO  
 DO PATRIMÔNIO GENÉTICO  
 E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL  
 ASSOCIADO - **SISGEN**

**sessionInfo()**

R version 4.1.3 (2022-03-10)

Platform: x86\_64-pc-linux-gnu (64-bit)

Running under: Ubuntu 20.04.4 LTS

Matrix products: default

BLAS: /usr/lib/x86\_64-linux-gnu/blas/libblas.so.3.9.0

LAPACK: /usr/lib/x86\_64-linux-gnu/lapack/liblapack.so.3.9.0

Random number generation:

RNG: Mersenne-Twister

Normal: Inversion

Sample: Rejection

locale:

[1] LC\_CTYPE=pt\_BR.UTF-8 LC\_NUMERIC=C

[3] LC\_TIME=pt\_BR.UTF-8 LC\_COLLATE=pt\_BR.UTF-8

[5] LC\_MONETARY=pt\_BR.UTF-8 LC\_MESSAGES=pt\_BR.UTF-8

[7] LC\_PAPER=pt\_BR.UTF-8 LC\_NAME=C

[9] LC\_ADDRESS=C LC\_TELEPHONE=C

[11] LC\_MEASUREMENT=pt\_BR.UTF-8 LC\_IDENTIFICATION=C

attached base packages:

[1] stats graphics grDevices utils datasets methods base

other attached packages:

[1] MVN\_5.9 mvnortest\_0.1-9 energy\_1.7-9

[4] rela\_4.1 psych\_2.2.3 EFAtools\_0.3.1

[7] ggstatsplot\_0.9.1 rstatix\_0.7.0 dae\_3.2-13

[10] ExpDes.pt\_1.2.2 MASS\_7.3-55 car\_3.0-12

[13] carData\_3.0-5 scales\_1.1.1 agricolaeplotr\_0.2.2

[16] agricolae\_1.3-5 rmarkdown\_2.12 factoextra\_1.0.7

[19] bookdown\_0.24 magrittr\_2.0.2 kableExtra\_1.3.4

[22] knitr\_1.37 forcats\_0.5.1 stringr\_1.4.0

[25] dplyr\_1.0.8 purrr\_0.3.4 readr\_2.1.2

[28] tidyr\_1.2.0 tibble\_3.1.6 ggplot2\_3.3.5

[31] tidyverse\_1.3.1

loaded via a namespace (and not attached):

[1] TH.data\_1.1-0 colorspace\_2.0-3 ellipsis\_0.3.2

[4] estimability_1.3	parameters_0.16.0	fs_1.5.2
[7] mc2d_0.1-21	rstudioapi_0.13	gsl_2.1-7.1
[10] ggrepel_0.9.1	fansi_1.0.2	mvtnorm_1.1-3
[13] lubridate_1.8.0	xml2_1.3.3	codetools_0.2-18
[16] splines_4.1.3	mnormt_2.0.2	zeallot_0.1.0
[19] jsonlite_1.8.0	broom_0.7.12	cluster_2.1.2
[22] dbplyr_2.1.1	shiny_1.7.1	compiler_4.1.3
[25] httr_1.4.2	emmeans_1.7.2	backports_1.4.1
[28] Matrix_1.4-1	assertthat_0.2.1	fastmap_1.1.0
[31] cli_3.2.0	later_1.3.0	htmltools_0.5.2
[34] tools_4.1.3	coda_0.19-4	gtable_0.3.0
[37] glue_1.6.2	Rcpp_1.0.8	cellranger_1.1.0
[40] vctrs_0.3.8	svglite_2.1.0	nlme_3.1-155
[43] stargazer_5.2.2	insight_0.16.0	xfun_0.30
[46] rvest_1.0.2	mime_0.12	miniUI_0.1.1.1
[49] lifecycle_1.0.1	zoo_1.8-9	hms_1.1.1
[52] promises_1.2.0.1	parallel_4.1.3	sandwich_3.0-1
[55] rematch2_2.1.2	yaml_2.3.5	labelled_2.9.0
[58] reshape_0.8.8	stringi_1.7.6	paletteer_1.4.0
[61] highr_0.9	bayestestR_0.11.5	klaR_0.6-15
[64] AlgDesign_1.2.0	nortest_1.0-4	boot_1.3-28
[67] moments_0.14	rlang_1.0.1	pkgconfig_2.0.3
[70] systemfonts_1.0.4	evaluate_0.15	lattice_0.20-45
[73] patchwork_1.1.1	cowplot_1.1.1	tidyselect_1.1.2
[76] plyr_1.8.6	R6_2.5.1	generics_0.1.2
[79] multcomp_1.4-18	combinat_0.0-8	DBI_1.1.2
[82] pillar_1.7.0	haven_2.4.3	withr_2.4.3
[85] survival_3.3-0	datawizard_0.2.3	abind_1.4-5
[88] performance_0.8.0	WRS2_1.1-3	modelr_0.1.8
[91] crayon_1.5.0	questionr_0.7.7	utf8_1.2.2
[94] tmvnsim_1.0-2	correlation_0.8.0	tzdb_0.2.0
[97] grid_4.1.3	readxl_1.3.1	reprex_2.0.1
[100] digest_0.6.29	webshot_0.5.2	xtable_1.8-4
[103] httpuv_1.6.5	statsExpressions_1.3.0	munsell_0.5.0
[106] viridisLite_0.4.0		