



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MARCIANA CHRISTO BERUDE

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Inga edulis* Mart. POR ESTAQUIA E
MINIESTAQUIA**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2018

MARCIANA CHRISTO BERUDE

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Inga edulis* Mart. POR ESTAQUIA E
MINIESTAQUIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientadora: Elzimar de Oliveira Gonçalves

Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Bibliotecário: Felício Gomes Corteletti – CRB-6 ES-000646/O

Berude, Marciana Christo, 1984-
B482p Propagação vegetativa de *Inga edulis* Mart. por estaquia e
miniestaquia / Marciana Christo Berude. – 2018.
58 f. : il.

Orientador: Elzimar de Oliveira Gonçalves.
Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Plantas - Propagação. 2. Árvores - Mudas. 3. Hormônios
vegetais. I. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. II. Alexandre, Rodrigo
Sobreira. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 630

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Inga edulis* Mart. POR ESTAQUIA E
MINIESTAQUIA**

Marciana Christo Berude

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.


Aprovada em 26 de fevereiro de 2018.



Prof. Dr. Rafael Marian Callegaro (Examinador externo)
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr^a. Talita Miranda Teixeira Xavier (Examinadora externa)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof^a. Dr^a. Elizimar de Oliveira Gonçalves (Orientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

*“Como é feliz o homem que acha a sabedoria e que obtém o entendimento,
pois a sabedoria é muito mais proveitosa do que a prata e rende mais do que o
ouro.”*

(Provérbios: 3.13-14)

Ao meu esposo, Alcemir Lino José Rodrigues e aos meus filhos Thales e Felipe, por ser minha base e sempre me apoiarem na realização dos meus sonhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido à oportunidade e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida, me guiando e iluminando para que eu possa seguir avante.

A toda minha família, meu esposo Alcemir, meus filhos Thales e Felipe pelo incentivo, apoio e pela compreensão de minha ausência.

Aos meus pais Manoel (Juca) e Terezinha, pelos ensinamentos, e aos meus irmãos por todo apoio e carinho.

À Universidade Federal de Espírito Santo e o Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), pela realização do curso.

À Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de convívio n viveiro, pela ajuda na montagem e desmontagem dos experimentos, além da parceria dentro e fora do ambiente de trabalho.

Aos professores da UFES, pelos ensinamentos durante esse curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por todo serviço prestado.

À Professora e orientadora Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves pela paciência, compreensão e orientação.

Ao coorientador Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre pelos ensinamentos e orientações.

À professora Maria Christina Junger Delôgo Dardengo pela grande colaboração nas análises dos dados.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite de participação e pelas valiosas contribuições.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

BERUDE, Marciana Christo. **Propagação vegetativa de *Inga edulis* Mart. por estaquia e miniestaquia**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves. Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

As técnicas de propagação vegetativa, como a estaquia e a miniestaquia, constituem uma alternativa de superação das dificuldades na propagação sexuada. Em especial, de espécies que apresentam características peculiares, como o *Inga edulis*, de produção de sementes recalcitrantes. Desta forma objetivou-se com esta pesquisa analisar o potencial da estaquia e da miniestaquia caulinar e foliar como método de propagação vegetativa para *Inga edulis* sob influência de diferentes concentrações de hormônio de crescimento AIB (ácido indol-3-butírico). O material vegetativo utilizado na pesquisa foi coletado de plantas adultas, presentes no arboreto da área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), no município de Jerônimo Monteiro - ES, e de plantas juvenis do minijardim clonal formado na mesma área. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, testando-se diferentes concentrações de AIB. No experimento de matrizes adultas testou-se estacas foliares e caulinares de matrizes adultas, utilizando sete concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 e 32000 mg Kg⁻¹), sendo cinco repetições para as estacas foliares, e quatro para as caulinares, e, em ambos, cada unidade experimental foi formada por dez estacas. No experimento de matrizes juvenis testou-se miniestacas foliares e caulinares utilizando cinco concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000 e 8000 mg Kg⁻¹), com cinco repetições e cada unidade experimental continha oito estacas. O estaqueamento foi realizado em tubetes de 55 cm³ preenchidos com vermiculita expandida. Após 45 dias em casa de vegetação foi analisada a porcentagem de estacas e miniestacas vivas, com calo e enraizadas. Nas miniestacas foliares e caulinares de matrizes juvenis foi analisado também o número de raízes, o comprimento da maior raiz, a massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e a massa seca total. As raízes das miniestacas

caulinares foram guardadas e posteriormente digitalizadas em um scanner. As imagens foram submetidas ao programa SAFIRA para quantificação da área superficial, e diâmetro das raízes. Os resultados indicam que as estacas foliares e caulinares de matrizes adultas apresentaram baixo percentual de estacas enraizadas, com calo e de sobrevivência. Verificou-se que estes experimentos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para as variáveis analisadas em função das doses de AIB. As miniestacas caulinares e foliares de matrizes juvenis apresentaram 100% de sobrevivência, e percentuais de enraizamento acima de 70 e 85% respectivamente. Não houve efeito significativo para as variáveis analisadas nos tratamentos das miniestacas foliares. Nas miniestacas caulinares verificou-se que as diferentes concentrações de AIB não tiveram efeito significativo sobre o enraizamento, calosidade, sobrevivência, MSPA, MSR, MST e comprimento das raízes. A área superficial, o diâmetro e número de raízes foram significativamente influenciados pela adição da auxina. Constatou-se que a adição de 8000 mg Kg⁻¹ AIB em miniestacas favorece raízes mais vigorosas e o enraizamento de miniestacas de *Inga edulis* pode ocorrer sem a utilização do AIB.

Palavras-chave: Enraizamento adventício, produção de mudas, ácido indol-3-butírico,.

ABSTRACT

BERUDE, Marciana Christo. **Vegetative propagation of *Inga edulis* Mart. by cutting and minicutting.** 2018. Dissertation (Master of Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves. Co-adviser: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

Vegetative propagation techniques, such as cuttings and minicutting, constitute an alternative to overcome difficulties in the sexual propagation. In particular, of species that present peculiar characteristics, like the *Inga edulis*, of production of recalcitrant seeds. In this way, the objective of this research was to analyze the potential of cuttings and leaf and minicutting as a method of vegetative propagation for *Inga edulis* and the influence of different concentrations of IBA(indol-3-butyric acid). The vegetative material used in the research was collected from adult plants, present in the arboretum of the experimental area of the Department of Forest and Wood Sciences (DCFM), in the municipality of Jerônimo Monteiro, and juvenile plants of the clonal mini garden formed in the same area. The experiment was carried out in a completely randomized design, with different concentrations of IBA being tested. In the experiment we tested leaf and stem cuttings of adult matrices using seven concentrations of IBA (0, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 and 32000 mg Kg⁻¹), five replications for leaf cuttings and four replications for stem cuttings, and in both, each experimental unit was formed by ten stakes. In the experiment of juvenile matrices, it tested leaf and stem minicuttings using five concentrations of IBA (0, 1000, 2000, 4000 and 8000 mg Kg⁻¹), with five replicates and each experimental unit containing eight minicuttings. The staking was carried out in 55 cm³ filled with expanded vermiculite. After 45 days in greenhouse the percentage of cuttings and minicuts were analyzed, with callus and rooted. The number of roots, root length, dry shoot mass, root dry mass and total dry mass were also analyzed in leaf and stem minicuttings of juvenile matrices. The roots of the minicuttings were stored and later scanned in a scanner. The images were submitted to the SAFIRA program for surface area quantification and root diameter. The roots of the minicuttings were stored and later scanned in a scanner. The images were submitted to the SAFIRA program for surface area quantification and root

diameter. The results indicate that the leaf and stem cuttings of adult matrices presented a low percentage of rooted cuttings, with callus and survival. It was verified that these experiments did not present statistically significant differences for the analyzed variables as a function of the IBA doses. The leaf and shoot minicuttings of juvenile matrices presented 100% survival, and rooting percentages above 70 and 85%, respectively. There was no significant effect for the variables analyzed in the leaf minicuttings treatments. It was observed that the different concentrations of IBA had no significant effect on rooting, callosity, survival, MSPA, MSR, MST and root length. The surface area, diameter and number of roots were significantly influenced by the addition of auxin. It was observed that the addition of 8000 mg Kg⁻¹ AIB in minicuttings favors more vigorous roots and the rooting of minicuttings of *Inga edulis* can occur without the use of IBA.

Keywords: Adventitious rooting, seedling production, indole-3-butyric acid.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Características gerais do <i>Inga edulis</i> Mart.....	17
3.2	Propagação vegetativa por estaquia	19
3.3	Propagação vegetativa por miniestaquia.....	21
3.4	Fatores que afetam a propagação vegetativa	22
3.4.1	Maturação/juvenildade dos propágulos.....	22
3.4.2	Reguladores de crescimento	24
3.4.3	Fatores ambientais: luminosidade, temperatura e umidade.....	26
3.4.4	Substrato.....	29
3.4.5	Outros fatores que influenciam o enraizamento de estacas	30
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	Descrição do local e período do experimento.....	32
4.2	Formação do minijardim clonal	32
4.3	Material vegetativo utilizado no processo de estaquia e de miniestaquia	34
4.4	Preparo das estacas	34
4.5	Preparo das diferentes concentrações de AIB	36
4.6	Estaqueamento das estacas	36
4.7	Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	37
4.8	Avaliações.....	38
4.9	Análise estatística dos dados	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Enraizamento das estacas foliares e caulinares de matrizes adultas.	40
5.1.1	Enraizamento das estacas foliares de matrizes adultas.	41
5.1.2	Enraizamento das estacas caulinares de matrizes adultas.....	42
5.2	Enraizamento das miniestacas foliares e caulinares de matrizes juvenis.....	44

5.2.1 Enraizamento das miniestacas foliares.....	45
5.2.2 Enraizamento das miniestacas caulinares.	47
6 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies florestais é bem ampla no Brasil, e muitas com alta capacidade produtiva. Todavia o conhecimento sobre a propagação vegetativa dessas espécies é insuficiente, o que restringe a disponibilidade de mudas, afetando o mercado consumidor seja para desenvolvimento de plantios comerciais ou para a recuperação de áreas degradadas.

As técnicas de propagação vegetativa, como a estaquia e a miniestaquia, constituem uma alternativa de superação das dificuldades na propagação sexuada de espécies nativas (DIAS et al., 2012). Para os autores essas técnicas podem ser utilizadas para fins comerciais, assim como auxiliar no resgate e na conservação de recursos genéticos florestais.

Sendo assim a propagação vegetativa consiste em multiplicar plantas sem o uso de sementes, originando indivíduos idênticos a planta mãe (FERRARI; GROSSI; WENDLING, 2004). É uma técnica muito utilizada em espécies exóticas como as do gênero *Eucalyptus*, mas pode ser viável para espécies nativas.

Os propágulos utilizados na propagação vegetativa podem ser estacas caulinares, foliares ou radiculares (XAVIER; SANTOS; OLIVEIRA, 2003).

Contudo, a propagação de espécies florestais nativas tem sido realizada basicamente via sexuada, devido à carência de estudos silviculturais, maior domínio da técnica e por apresentar menores gastos iniciais (DIAS et al., 2012).

No entanto isso restringe a produção de mudas, pois determinadas espécies apresentam características como pequena produção de sementes, baixo percentual de germinação, dificuldade na definição da época ideal de colheita ou possui sementes recalcitrantes.

As sementes de espécies do gênero *Inga*, que inclui o *Inga edulis*, estão entre as de maior intolerância à dessecação e de mais baixa longevidade natural durante o armazenamento, tornando-as inviáveis, poucos dias após a coleta e beneficiamento, que em geral não ultrapassam 15 dias (OLIVEIRA; BELTRATI, 1993; BILIA; BARBEDO, 1997).

Em razão disso, há dificuldade no armazenamento das sementes dessa espécie (CARVALHO, 2014), pelo fato das mesmas não tolerarem dessecação

contribuindo para que a sua qualidade fisiológica seja reduzida (OLIVEIRA; BELTRATI, 1993; BILIA; BARBEDO, 1997), reforçam que logo se torna necessária a utilização de métodos alternativos para propagá-lo sendo a via vegetativa uma possibilidade.

Inga edulis assim como outras espécies do gênero, são espécies nativas de grande relevância, utilizadas para fins de reflorestamento e devido a sua arquitetura foliar e capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico, tem se destacado em manejos consorciados nos sistemas agroflorestais (ANDRADE et al., 2015). O arranjo irregular dos ramos, associado à sua copa ampla permite o consórcio com culturas perenes como o café, podendo ainda, auxiliar no controle de plantas daninhas (SALGADO et al., 2006).

Desta forma, o presente estudo objetivou analisar o potencial da estaquia e miniestaquia caulinar e foliar como método de propagação vegetativa para *Inga edulis* Mart., sob influência de diferentes concentrações de ácido indolbutírico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

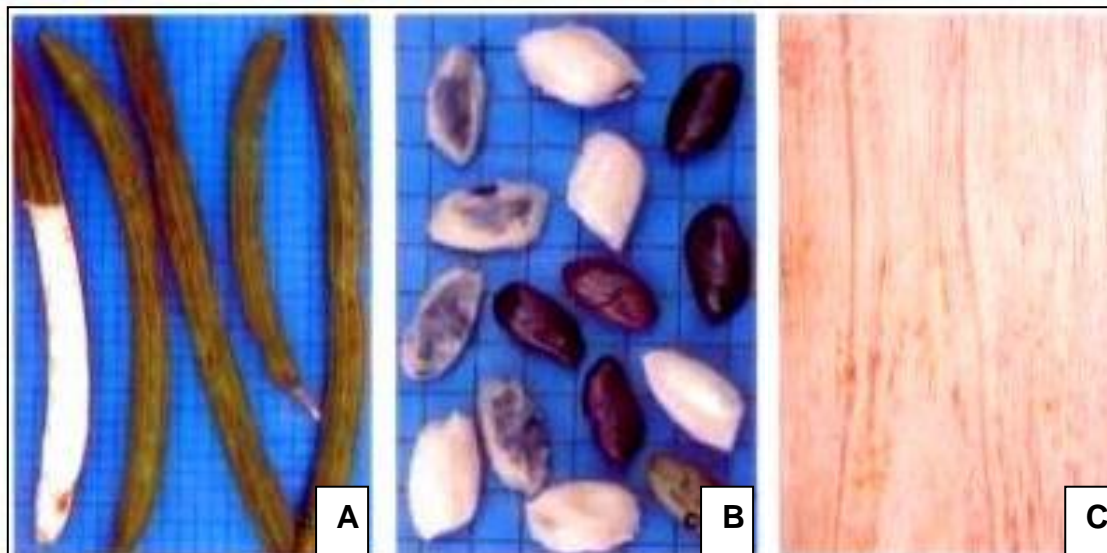
Analisar o potencial da estaquia e miniestaquia caulinar e foliar, como método de propagação vegetativa para *Inga edulis* Mart., e a influência de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a sobrevivência de estacas e miniestacas de *Inga edulis* Mart. submetidas às diferentes concentrações de AIB;
- Analisar o enraizamento dos diferentes tipos de estacas e miniestacas de diferentes idades em relação às concentrações de AIB;
- Verificar a concentração de AIB mais adequada;
- Verificar a viabilidade de produzir mudas pela propagação assexuada, por meio da técnica de estaquia e miniestaquia;

Sua madeira (Figura 2C) pode ser utilizada para confecção de embalagens leves, brinquedos, lenha e carvão (LORENZI, 2009).

Figura 2 – Características do *Inga edulis*, A: fruto do tipo vagem, B: sementes e o arilo envolvendo as sementes e C: madeira do ingá.



Fonte: LORENZI, 2009

As espécies do gênero *Inga* se destacam por sua importância na recomposição de florestas ciliares e na recuperação de áreas degradadas, por apresentarem um sistema radicular pivotante, superficial e com numerosas raízes secundárias imediatamente abaixo da região do colo (SANCHOTENE, 1989 e LORENZI, 2009).

O ingá também é utilizado na arborização, no sombreamento da cultura de café, cacau, cupuaçu e outros, e a biomassa pode ser aproveitada como forragem ajudando na recuperação de solos degradados (SALAZAR; SZOTT; PALM, 1993; MATA et al., 2013).

A espécie apresenta sementes com comportamento recalcitrante, o que impede a viabilidade à longos períodos após a colheita, mesmo sob as condições ideais de armazenamento. Estas sementes têm a sua qualidade fisiológica reduzida quando a umidade apresenta-se abaixo de 40%, culminando com a total perda de viabilidade (BILIA; BARBEDO, 1997).

Para espécies com sementes recalcitrantes, como as do gênero *Inga*, pode haver a mudança da fase de desenvolvimento para a germinativa, sem

que ocorra a dessecação, podendo estas sementes germinar ainda estando ligada a planta-mãe (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998). Não apresentam período de transição entre a maturação e a germinação e raramente apresentam dormência (MARCOS FILHO, 2005). Estas têm, em geral, períodos de vida muito limitados, morrendo devido à desidratação (CASTRO et al., 2004).

Em relação à propagação, Mata et al. (2013) afirma que é realizada principalmente por sementes, porém é necessário realizar a germinação logo após a retirada da vagem, fator que dificulta a propagação da espécie por sementes.

Em função da dificuldade ou impossibilidade no armazenamento de sementes de ingá, torna-se difícil a produção de mudas de origem seminal (CAMARA, 2011). Dessa forma, a propagação assexuada é uma opção viável.

3.2 Propagação vegetativa por estaquia

A estaquia é um processo de propagação vegetativa que consiste em colocar uma parte da planta matriz, podendo ser caulinar, foliar ou radicular em meio apropriado para enraizamento e desenvolvimento da parte aérea (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013; PAIVA; GOMES, 2011). Por meio da propagação vegetativa multiplicam-se plantas sem o uso de sementes, resultando em indivíduos idênticos a planta mãe (WENDLING; DUTRA, 2010).

A estaquia é um dos principais processos de produção de mudas, representando a base da silvicultura clonal no Brasil, sobretudo pela sua efetividade em capturar os ganhos genéticos obtidos dos programas de melhoramento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Por outro lado, a estaquia tende a restringir a diversidade genética do ambiente, porém é uma alternativa bastante propícia à produção de mudas, em especial para espécies que apresentam alguma dificuldade em relação à produção de mudas por sementes (OLIVEIRA; RIBEIRO, 2013).

A estaquia é um método simples, rápido e econômico, que permite produção em área reduzida e com mudas mais uniformes, por manter as características da planta matriz (HARTMANN et al., 2011). Além disso, possibilita reduzir o período de juvenilidade, dependendo da escolha do

propágulo, ou seja, as plantas iniciam a fase reprodutiva (floração e frutificação) em menor tempo (BETANIN; NIENOW, 2010).

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a estaquia tem sido a mais utilizada para a clonagem de plantas lenhosas em larga escala (OLIVEIRA et al., 2014). Entretanto existem limitações em relação espécies florestais nativas, como a falta de métodos eficientes de rejuvenescimento, obtenção de material vegetativo em estado juvenil, técnicas de manejo do espaço de propagação e a carência de estudos relativos ao enraizamento dessas espécies (DIAS et al., 2012).

Em espécies lenhosas, a aptidão para o enraizamento de estacas está associada à maturidade da planta doadora de propágulos (FAGANELLO et al., 2015). Várias espécies de plantas lenhosas mostraram que a capacidade das estacas de formar raízes adventícias diminuiu com o aumento da idade da planta matriz (HARTMANN et al., 2011) e varia de acordo com a espécie (FACHINELLO et al., 1995), o que pode estar relacionado a diferentes capacidades de transporte polar de auxinas (FORD et al., 2002).

Na propagação vegetativa, o desenvolvimento do sistema radicular das estacas é fundamental, sendo denominado sistema radicular adventício, pois as raízes formadas são induzidas em um local diferente daquele onde normalmente se desenvolveriam (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A formação do sistema radicular pode acontecer com ou sem a formação de calo, pois calos e raízes são processos independentes para a maioria das plantas, entretanto, para algumas espécies, a formação de calo pode ser precursora das raízes (HARTMANN et al., 2011).

Algumas pesquisas têm sido realizadas a fim de analisar o potencial da propagação vegetativa por estaquia para espécies nativas e contornar as dificuldades de enraizamento. Dentre estas, citam-se, por exemplo, para *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) (ENDRES et al., 2007), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré) (HERNANDEZ et al., 2012), *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) (HERNANDEZ et al., 2013), *Schizolobium amazonicum* (paricá) (DIAS et al., 2015a) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) (DIAS et al., 2015b), com enraizamento de estacas de *Campomanesia xanthocarpa* (gabirola) (MARTINS et al., 2015), *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-paraná) (WENDLING; BRONDANI, 2015) entre outros.

3.3 Propagação vegetativa por miniestaquia

A miniestaquia é uma técnica de propagação clonal, que consiste em utilizar como propágulos brotações, que podem ser oriundas de estacas já enraizadas, no caso de minijardins clonais ou a partir do uso de mudas de origem seminal. Para estimular a emissão de brotações a muda é decepada a certa altura, que varia de acordo com alguns fatores, entre eles a espécie. Esta decepa resulta em um indivíduo fornecedor de propágulos (miniesticas) o qual é denominado minicepa (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Segundo estes autores, entre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia tem se mostrado um método economicamente viável de produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, permitindo a uniformização dos plantios, maximização dos ganhos em produtividade e qualidade da madeira, além de proporcionar alto percentual de enraizamento.

Entre as grandes empresas florestais, a miniestaquia vem sendo a técnica mais disseminada para produção de mudas para o abastecimento do setor (BRONDANI et al., 2012). No entanto para outras espécies florestais, em especial as nativas brasileiras, são poucos os estudos publicados.

É uma técnica recente proveniente da estaquia convencional, por meio da qual se procura explorar o potencial juvenil dos propágulos para indução do enraizamento (FERRIANI et al., 2011). Este método de propagação, de acordo com Dias et al. (2012), possibilita a obtenção de material vegetativo mais propício ao enraizamento adventício, por usar propágulos jovens. Podendo ser uma grande alternativa para espécies de difícil enraizamento (PIRES; WENDLING; BRONDANI, 2013).

Assim, a miniestaquia é uma opção para a propagação clonal de espécies que têm as sementes com baixo potencial de germinação, dificuldade de armazenamento e/ou insumos limitantes (FERRIANI et al., 2011). Esta técnica também utilizada para produzir material genético superior possibilitando o estabelecimento de florestas de elevada produção (WALKER et al., 2011).

Para o sucesso da miniestaquia é importante a avaliação do ambiente de estabelecimento do minijardim clonal e o *status* nutricional das minicepas que o compõem. A produtividade de brotações (miniesticas) e a sobrevivência de

minicepas dependem de um regime adequado de nutrição das minicepas (FERRIANI et al., 2011).

Na literatura, exemplos de aplicação da miniestaquia foram realizados com êxito em várias pesquisas. Souza et al. (2009) obteve sucesso a propagação de *Toona ciliata* (cedro-australiano) por enraizamento de miniestacas provenientes de minicepas de origem seminal. Silva et al. (2016) estudando a mesma espécie com minicepas manejadas em sistemas de canaletões e em tubetes, ao longo das colheitas sucessivas, observaram que a sobrevivência não foi afetada pelo sistema de minijardim e que não há diferença na qualidade das mudas entre os dois sistemas.

A miniestaquia de *Anadenanthera macrocarpa* (angico-vermelho), utilizando miniestacas apicais, a partir de material de origem seminal, foi considerado tecnicamente viável (DIAS et al., 2015b).

Em ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), independentemente da posição do propágulo e da aplicação de auxina, em estudo realizado por Oliveira et al. (2016), verificaram que a miniestaquia foi um método propício para a produção de mudas.

O cultivo e o manejo da canafístula (*Peltophorum dubium*) em sistema de minijardim clonal, também foi bem sucedido quanto à produção de brotos para a obtenção de miniestacas e constataram que as miniestacas apicais mostraram-se grande potencial ao enraizamento (MANTOVANI et al., 2017).

3.4 Fatores que afetam a propagação vegetativa

Dentre os fatores que mais influenciam nos resultados obtidos com plantas propagadas pelo método de estaquia estão a condição nutricional, o estágio fisiológico, a juvenilidade e maturidade da planta matriz, a aplicação de reguladores, as barreiras anatômicas, o tipo de substrato, o tipo de estaca, o diâmetro da estaca, a época do ano e genótipo (DIAS et al., 2012).

3.4.1 Maturação/juvenilidade dos propágulos

Em espécies lenhosas, a capacidade para o enraizamento de estacas está associada ao grau de maturação (FAGANELLO et al., 2015), onde se tem

observado que na fase juvenil as plantas apresentam maior potencial de enraizamento que na fase adulta (HARTMANN et al., 2011).

O uso de propágulos com idade fisiológica desfavorável ao enraizamento e propágulos maduros com baixo grau de juvenilidade são fatores que podem interferir no processo de enraizamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A idade ontogenética da planta matriz é de fundamental importância, uma vez que, em muitas espécies arbóreas, o processo de maturidade possui correlação negativa com o potencial de formação de raízes adventícias (BORGES JÚNIOR; MARTINS-CORDER, 2002).

A baixa percentagem de enraizamento de estacas oriundas de árvores adultas pode ocorrer em razão da diminuição da capacidade de formar raízes com o aumento da idade, pois, ramos maduros tendem a ter menor concentração de auxina em virtude da maior idade ontogenética (DIAS et al., 2012), geralmente quanto mais juvenil for o material vegetativo, maior será o sucesso do enraizamento (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010).

Em um estudo sobre enraizamento de estacas, provenientes de ramos do último ciclo vegetativo de árvores adultas em campo, Santos et al. (2011) observaram que as espécies *Tapirira guianensis*, *Dedropanax cuneatus*, *Sebastiania commersoniana*, *Erythrina falcata*, *Inga marginata*, *Inga vera*, *Magnolia ovata*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Myrsine umbellata* e *Casearia sylvestris* não demonstraram potencial de enraizamento, mesmo com a utilização de AIB.

Contudo, há técnicas que possibilitam reverter a idade ontogenética, como o resgate por anelamento, uso do fogo, dentre outros. Portanto deve-se, testar qual a melhor forma para determinada espécie (ALFENAS et al., 2009).

Dentro desse contexto, foi conduzido um estudo de métodos de resgate vegetativo, para a produção de estacas de árvores adultas de *Anadenanthera macrocarpa*, feito por meio de decepa da árvore e anelamento do caule, do qual foram utilizadas estacas herbáceas e semilenhosas, sendo eficiente para a espécie (DIAS et al., 2015b).

Outro fator importante para que a propagação tenha sucesso é o estado nutricional da planta matriz, pois é a nutrição da matriz que determinará a quantidade de carboidratos, auxinas, e compostos fenólicos, fatores estes que

interferem no desenvolvimento radicial e na velocidade de formação de raízes (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Diversos nutrientes são referidos como importantes para os processos metabólicos da planta associados à desdiferenciação e formação do meristema radicular. Porém, informações sobre a importância de determinados nutrientes, bem como sobre a nutrição das plantas doadoras de propágulos em geral, no processo de iniciação, formação, crescimento e desenvolvimento das raízes adventícias ainda são insuficientes (CUNHA et al., 2009a).

Pesquisas que procurem avaliar a influência de vários elementos minerais isoladamente ou em conjunto em relação ao seu comportamento no tocante à capacidade e ao vigor de enraizamento em estacas de diferentes espécies florestais ainda precisam ser realizadas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Martins et al. (2015), estudando estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium* (gabioba), verificaram que ocorreu baixa percentagem de abrolhamento e também de número de gomos, este fato pode estar relacionado com a menor concentração de reservas da planta matriz, uma vez que as colheitas coincidiram com o término da frutificação.

3.4.2 Reguladores de crescimento

Reguladores de crescimento são substâncias que causam mudanças no balanço hormonal das plantas, pois atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento, modificando o metabolismo das plantas (ESPINDULA et al., 2010).

Para a formação de raízes adventícias na propagação por estaquia e miniestaquia são necessários determinados níveis de substâncias de crescimento natural da planta. Existem substâncias que promovem ou inibem a iniciação de raízes adventícias, dentre as substâncias reguladoras de crescimento vegetal, as de maior interesse para o enraizamento de estacas são as auxinas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Uma das formas de aplicação exógena de auxina, com intuito de possibilitar aumento da capacidade de enraizamento de estacas de espécies de difícil enraizamento é por meio do ácido indol-3-butírico (AIB) de acordo com

Dias et al. (2012), visto que dentre as auxinas, é a mais utilizada para o enraizamento adventício de estacas e/ou miniestacas e a que tem apresentado melhores resultados para a maioria das espécies florestais (CUNHA; WENDLING; SOUZA JÚNIOR, 2008).

As estacas vegetais possuem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, sendo imprescindível um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas, citocininas e co-fatores de enraizamento, para que haja enraizamento (HARTMANN et al., 2011). Desse modo, o fornecimento de auxina exógena pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento.

A auxina, um fitorregulador endógeno, induz a formação de raízes, podendo ser naturalmente abundante, escassa ou mesmo ausente no interior da planta, conforme a condição fisiológica e genética da estaca e a época do ano de propagação (PIZZATTO et al., 2011).

As auxinas interferem diretamente nos processos de crescimento e o alongamento celular, com capacidade de promover o alongamento de coleótilos, de segmentos de caule, e em presença de citocininas promove a divisão celular em culturas de calos, formação de raízes adventícias em folhas ou caules recortados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A concentração utilizada varia de acordo com a espécie, clone, estado de maturação, tipo de estaca, forma, tempo de aplicação, entre outros, sendo utilizadas maiores concentrações para as estacas mais lenhosas, e quando não se tem informações sobre a concentração ideal para a espécie é recomendado fazer testes com diferentes concentrações do regulador (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Artificialmente, tem a aplicação do AIB, regulador que pode proporcionar resultados variáveis conforme a espécie, tipo de estaca, época do ano, concentração, modo de aplicação e condições ambientais (FACHINELLO et al., 1995; OINAM et al., 2011).

Em uma pesquisa sobre o efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*) Oliveira et al. (2015) observaram que nas condições em que foi desenvolvido o experimento o AIB não foi um condicionante para o enraizamento em miniestacas de ipê-roxo, embora tenha resultado em mudas com maior

comprimento de raízes de primeira ordem e número de raízes de segunda ordem na concentração de 8000 mg L⁻¹.

Souza et al. (2009) estudando a propagação vegetativa por miniestaquia de cedro-australiano (*Toona ciliata*) verificaram que sob as circunstâncias em que o experimento foi conduzido é viável a propagação da espécie sem a aplicação do AIB.

Mas para algumas espécies a aplicação do AIB é positiva, como por exemplo, na propagação vegetativa por estaquia do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) Hernández et al. (2012) constataram que a concentração de 6.000 mg L⁻¹ proporcionou respostas positivas no enraizamento.

Dias et al. (2015) também verificaram que aplicação exógena AIB contribuiu para a indução de raízes adventícias em um trabalho realizado com estacas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*).

3.4.3 Fatores ambientais: luminosidade, temperatura e umidade

Vários são os fatores ambientais que comprometem a propagação, dentre estes a luminosidade, a temperatura e a umidade, que de alguma maneira o homem tem manipulado para diminuir os efeitos negativos.

A luminosidade tem grande importância para o crescimento de qualquer espécie vegetal, pois é a fonte de energia para a fotossíntese e imprescindível para a síntese de carboidratos e auxinas. A necessidade de irradiância, de fotoperíodo e a qualidade de luz variam de acordo com a espécie, devendo ser adequado para manter a taxa fotossintética razoável, garantindo o suprimento de carboidratos satisfatórios para a sobrevivência das estacas e a iniciação radicular (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Menor intensidade luminosa sobre as estacas tende a beneficiar a formação de raízes, provavelmente devido à preservação das auxinas e de outras substâncias endógenas em detrimento aos compostos fenólicos (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005).

Condições de alta luminosidade tendem a causar nas estacas uma síntese de citocininas elevada, o que leva a um maior crescimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicular (HARTMANN, 2011), enquanto que

baixa luminosidade beneficia a ocorrência de doenças causadas por fungos apodrecedores de propágulos (ALFENAS et al., 2009).

O fornecimento de luminosidade satisfatório propicia a obtenção de níveis adequados de fotossíntese e conseqüentemente, acúmulo de reservas e substâncias indutoras do enraizamento. Na prática, têm-se empregado coberturas, em casa de enraizamento, que interceptam em torno de 50% da intensidade luminosa (ALFENAS et al., 2009).

Quanto à temperatura, esta pode influenciar o enraizamento, atuando, sobretudo, na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical (CUNHA et al., 2009b).

Um adequado enraizamento pode ser alcançado num intervalo de temperatura (15 e 35 °C), para espécies florestais, com faixa ideal entre 25 a 30°C. Baixas temperaturas diminuem o metabolismo das estacas, levando a um maior tempo para o enraizamento, ou o não desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Temperaturas altas ao redor de 35 a 40 °C restringem o crescimento radicial da maioria das espécies lenhosas (HOFFMANN et al., 2005; SANTOS; MARROQUIM; ENDRES, 2012). Devendo ser evitadas, pois pode promover brotações de parte aérea antes do enraizamento, o que vai causar um maior gasto energético, devido à elevação da transpiração (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A temperatura e a umidade relativa do ar no processo rizogênico pode ser limitante dependendo das condições em que o ambiente propagativo foi mantido, Faganello et al. (2015) em uma pesquisa com enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* observaram que ocorreu a temperatura máxima de 31,1°C e mínima umidade relativa do ar de 57,5%, e isso pode ter influenciado negativamente a porcentagem de enraizamento.

Stuepp et al. (2015) relatam que a indução do sistema radicial em *Paulownia fortunei* pode ter sido influenciada positivamente pelas maiores temperaturas apresentada em casa de vegetação nas estações do verão e primavera em comparação ao outono. Algumas pesquisas evidenciam que a divisão celular é favorecida com a temperatura mais elevada e, conseqüentemente, auxilia na formação de raízes e produção de brotos (NIENOW et al., 2010; SOUZA et al., 2013).

A umidade do ar também influencia no enraizamento, devendo-se mantê-la elevada, favorecendo as estacas e reduzindo a transpiração pelas folhas (HARTMANN et al., 2011). Desta forma, é necessário que haja controle da umidade no interior do setor de enraizamento para fornecer umidade suficiente em volta da estaca e na superfície da folha, evitando a desidratação e, conseqüentemente, sua morte (SOUZA JUNIOR, 2007).

A umidade é de suma importância para a propagação vegetativa, uma vez que a sua deficiência pode conduzir ao insucesso do enraizamento, pois para que haja divisão celular, é necessário que as células se mantenham túrgidas, e as estacas não possuem meio para absorver água e nutrientes. No entanto, o excesso também é prejudicial, pois limita as trocas gasosas, propicia o desenvolvimento de doenças, impede o enraizamento e provoca a morte dos tecidos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Como forma de evitar a perda de água recomenda-se a utilização da nebulização intermitente em casa de vegetação, além da manutenção das folhas nas estacas (HARTMANN et al., 2011). A formação de raízes adventícias depende do crescimento e a síntese de novos compostos, que são influenciados pelo estresse hídrico, sendo fundamental o turgor das estacas, assim se recomenda que os propágulos sejam coletados em estado túrgidos, preferencialmente pela manhã ou em dias nublados ou chuvosos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Morais et al. (2014) estudando o enraizamento de miniestacas caulinares e foliares juvenis de *Toona ciliata*, no qual um tratamento foi conduzido em ambiente protegido (totalmente coberto com plástico leitoso de 150 µm, sombrite 50%), com nebulização intermitente (80-100% de UR) e sem controle de temperatura, e outro em ambiente protegido, sem controle de umidade e temperatura, coberto com plástico de 150 µm e sombrite 30%, constataram que em relação ao ambiente sem nebulização, houve baixo percentual de enraizamento, o qual foi reduzido ao longo do tempo para todos os tipos de propágulos.

De maneira semelhante Sarmiento et al. (2015) em uma pesquisa com estaquia de *Ficus cestrifolia* averiguaram que as estacas mantidas em nebulização apresentaram valores superiores em todas as variáveis analisadas comparativamente com aquelas em casa de vegetação sem nebulização.

3.4.4 Substrato

No processo de propagação de plantas o substrato possui grande importância no enraizamento das estacas, servindo de sustentação durante o período de enraizamento e proporcionando aeração adequada ao desenvolvimento das raízes, além de contribuir com as condições de umidade e nutrição para o crescimento do sistema radicial (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

De acordo com estes autores os substratos utilizados no processo de enraizamento devem apresentar poros suficientes que possibilite a aeração para as estacas, pois as raízes que surgem necessitam de oxigênio para sua respiração, bem como são os poros que irá armazenar certa quantidade de água, suficiente para o desenvolvimento inicial da muda. Os substratos mais comumente utilizados são a vermiculita, turfa, serragem semidecomposta, casca de arroz carbonizada, moinha de carvão, compostos orgânicos e fibras de coco, podendo ser misturados de diferentes formas entre eles.

O substrato também é um fator externo que pode afetar o enraizamento adventício, pois tem a função de proporcionar para as estacas durante o período de enraizamento, umidade e permitir aeração em suas bases, pois o oxigênio é indispensável para atender à respiração resultante dos processos de calejamento, emissão de raízes e sustentação das estacas (HARTMANN et al., 2011).

Na estaquia, recomenda-se a utilização de substratos que apresentem maior porosidade, em vista da maior umidade do ambiente de enraizamento (WENDLING; DUTRA, 2010). A vermiculita é um substrato comumente utilizado para a produção de mudas devido a vantagens como: fácil obtenção, baixa densidade, uniformidade na composição química e granulométrica, porosidade e capacidade de retenção de água (MARTINS; BOVI; SPIERING, 2009).

Silva, Martins e Andrade (2006) ao estudarem o efeito de diferentes substratos (mistura de solo, areia e esterco de curral curtido, na proporção 3:1:1; fibra de coco; areia e substrato comercial) na formação de raízes em estacas de pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw), concluíram que a

mistura de solo, areia e esterco de curral é o mais adequado para formação de mudas desta espécie.

Preti et al. (2012) em uma pesquisa sobre estaquia de resedá-nacional (*Physocalymma scaberrimum*), na qual utilizaram como substratos areia, casca de arroz carbonizada e vermiculita, verificaram que ambas apresentaram a mesma eficiência na propagação por estaquia.

Hernández et al. (2012) trabalhando com propagação do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* Mart.) por estaquia testando dois tipos de substratos vermiculita e composto orgânico (Mecplant[®]), constataram que o composto orgânico mostrou melhores condições para o crescimento e desenvolvimento radicular e parte aérea das estacas enraizadas, gerando melhores respostas quanto à sobrevivência, enraizamento, vigor e altura das mudas.

3.4.5 Outros fatores que influenciam o enraizamento de estacas

Na propagação vegetativa por estaquia, o enraizamento é um fator complexo, que envolve o redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de um novo sistema radicular (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). A desdiferenciação é a capacidade das células, anteriormente desenvolvidas e diferenciadas iniciarem divisões celulares e formarem um novo ponto de crescimento meristemático (HARTMANN et al., 2011).

O enraizamento pode, ainda, ser influenciado pelas diferentes estações do ano em que o material vegetal é coletado (STUEPP et al., 2015), pelo fato das condições fisiológicas da planta serem influenciadas pelas variações sazonais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Segundo Fachinello et al. (2005) a época de coleta das estacas está relacionada à consistência da mesma, sendo que aquelas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão), são mais herbáceas, tendem a enraizar mais, já as coletadas no inverno são mais lignificadas e possuem menor capacidade de enraizamento.

A produção de uma grande quantidade de mudas de boa qualidade em curto espaço de tempo pode ser alcançada por meio da propagação vegetativa, no entanto, a qualidade das mudas formadas depende diretamente da

capacidade de enraizamento de cada espécie, bem como da qualidade do sistema radicial formado (STUEPP et al., 2015).

Hartmann et al. (2011) afirmaram que estacas herbáceas e semilenhosas geralmente enraízam com maior facilidade e rapidez que as lenhosas, pois a menor lignificação dos tecidos facilita a passagem das raízes formadas no periciclo. Dias et al. (2015b) em um estudo com *Anadenanthera macrocarpa* constataram que, as estacas herbáceas e semilenhosas tiveram respostas diferenciadas quanto ao enraizamento adventício, onde as semilenhosas apresentaram maiores percentuais de sobrevivência.

A presença de folhas nas estacas é fator determinante no sucesso da propagação por estaquia. O efeito benéfico das folhas é relatado por Hartmann et al. (2011) e Xavier; Wendling; Silva, (2013), os quais citaram que a presença pode proporcionar melhor enraizamento, pois elas são fontes de promotores de enraizamento (auxinas e cofatores) e de fotoassimilados.

O efeito estimulante de folhas no início da formação de raízes tem, em geral, sido atribuído à produção de carboidratos pela fotossíntese, auxina endógena e cofatores de enraizamento sintetizados pelas folhas e a regulação do estado hídrico na estaca (FACHINELLO et al., 2005).

Quando uma estaca é preparada, as células da superfície cortada são lesionadas, iniciando um processo de cicatrização e regeneração. O efeito do ferimento na base das estacas, causado pela segmentação, mostra-se benéfico para o enraizamento, por estimular a divisão celular e a formação de calos. A atividade celular na área ferida é estimulada pelo aumento da taxa respiratória e dos teores de auxinas, carboidratos e etileno, resultando na formação de raízes nas margens da lesão (HARTMANN et al., 2011).

Estudos experimentais comprovam o efeito estimulante da presença de folhas na formação de raízes. Como o estudo de Betanin e Nienow (2010), que avaliou a sobrevivência e capacidade de enraizamento de estacas caulinares herbáceas de corticeira-da-serra (*Erythrina falcata*) com ausência e presença de folhas, no qual foi verificado que as estacas sem folhas apresentaram elevada mortalidade e ausência de enraizamento, enquanto que estacas com folhas apresentaram enraizamento médio de 35,4%. A presença de folhas também proporcionou maior porcentagem de enraizamento de estacas lenhosas de amoreira-preta (*Rubus* spp.) (VIGNOLO et al., 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição do local e período do experimento.

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM-CCA-UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro – ES. A área apresenta latitude de 20° 47' 30,3"S e longitude de 41° 23' 21,8" W e altitude de 120 m.

A precipitação média anual é de 1104 mm e o clima o é classificado por Köppen como sendo do tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), com temperatura média anual de 24,1 °C (MAIA; LOPES; TEIXEIRA, 2007).

O experimento foi realizado entre setembro de 2016 a maio de 2017 (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição do período em que foi realizado o experimento no viveiro da área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.

ATIVIDADES	2016				.2017				
	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
Semeadura	X								
Transplante para vasos					X				
Quebra das mudas					X				
Poda						X			
Estaqueamento							X		
Avaliações									X

Fonte: a autora

4.2 Formação do minijardim clonal

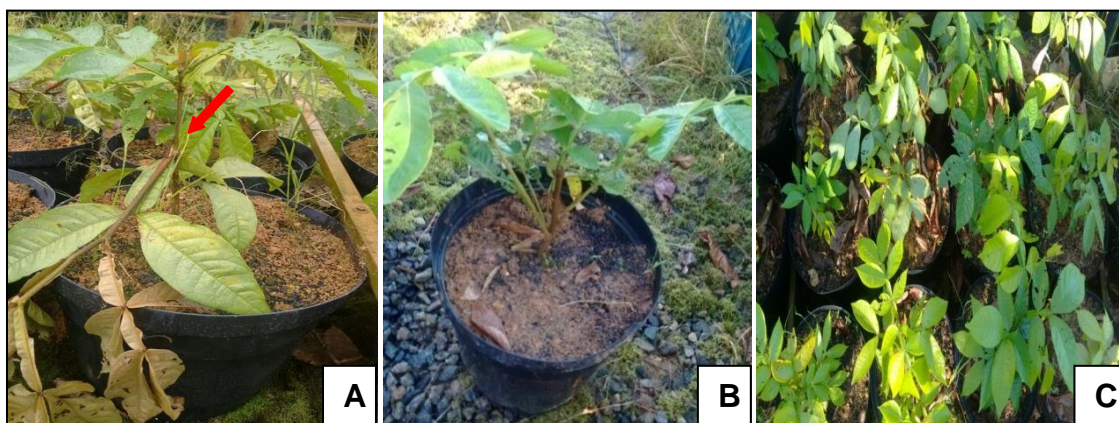
As mudas de ingá (*Inga edulis* Mart.) utilizadas para a formação do minijardim clonal foram obtidas a partir de sementes coletadas em plantas matrizes na região de Jerônimo Monteiro, ES em setembro de 2016.

Posteriormente foram semeadas em tubetes de polipropileno, com capacidade de 280 cm³ contendo substrato comercial a base de casca de *pinus*.

Aos quatro meses após a semeadura, quando as mudas estavam com 30 cm de altura aproximadamente, foram transplantadas para vasos medindo 25 cm de altura, 32 cm de diâmetro na parte superior e 24 cm na base, estes tinham furos no fundo para drenar o excesso de água. Os mesmos foram preenchidos com uma mistura de 60% de latossolo, 40% de substrato comercial a base de casca de *Pinus* e 150 g de N, 700 g de P₂O₅, 100 g de K₂O para cada m³ de solo, conforme recomendações de Gonçalves (2005). Após o transplante, as mudas foram colocadas em uma área sob telas com 50% de sombreamento foram irrigadas duas vezes ao dia, por microaspersão em sistema automático.

As mudas foram submetidas a podas de manutenção para a obtenção das estacas utilizadas no experimento. As podas foram realizadas da seguinte forma: 15 dias após o transplante as mudas foram quebradas a uma altura de 10 cm do colo (Figura 3A) e 30 dias depois, quando as mesmas já haviam emitido brotações foi retirada a parte quebrada anteriormente com auxílio de uma tesoura (Figura 3B). Assim 75 dias após o transplante o minijardim clonal estava formado com um total de 120 matrizes, para posterior coleta de brotações e das folhas para serem utilizados nos experimentos (Figura 3C).

Figura 3 – Formação do minijardim clonal, A: mudas de ingá quebradas a 10 cm do colo, B: muda com as brotações e C: mudas 30 dias após transplante (minijardim formado), no viveiro na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.



Fonte: a autora.

4.3 Material vegetativo utilizado no processo de estaquia e de miniestaquia

Para a confecção das estacas e miniestacas foliares e caulinares de *Inga edulis* foi coletado material de plantas adultas e juvenis.

As matrizes adultas foram selecionadas no arboreto da área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM-CCA-UFES) (Figura 4A), e consistiram de três árvores com 6 anos de idade e já em fase reprodutiva. As matrizes juvenis, são as minicepas do minijardim clonal conduzidas em área telada no viveiro, localizado na área experimental (Figura 4B).

Figura 4 – Matrizes utilizadas para a estaquia, A: matrizes adultas, B: matrizes juvenis, localizadas na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES.



Fonte: a autora

4.4 Preparo das estacas

O material vegetativo de ingá utilizado para o preparo das estacas e das miniestacas foi coletado no início da manhã, devido à menor temperatura para evitar que o material perca a turgescência.

Para coleta de galhos nas árvores adultas utilizou-se tesoura de poda alta com cabo (podão). Foram selecionados galhos localizados mais próximos da base das plantas por ser de um material mais juvenil, em virtude do gradiente de juvenilidade existente em direção à base da árvore (HARTMANN et al., 2011).

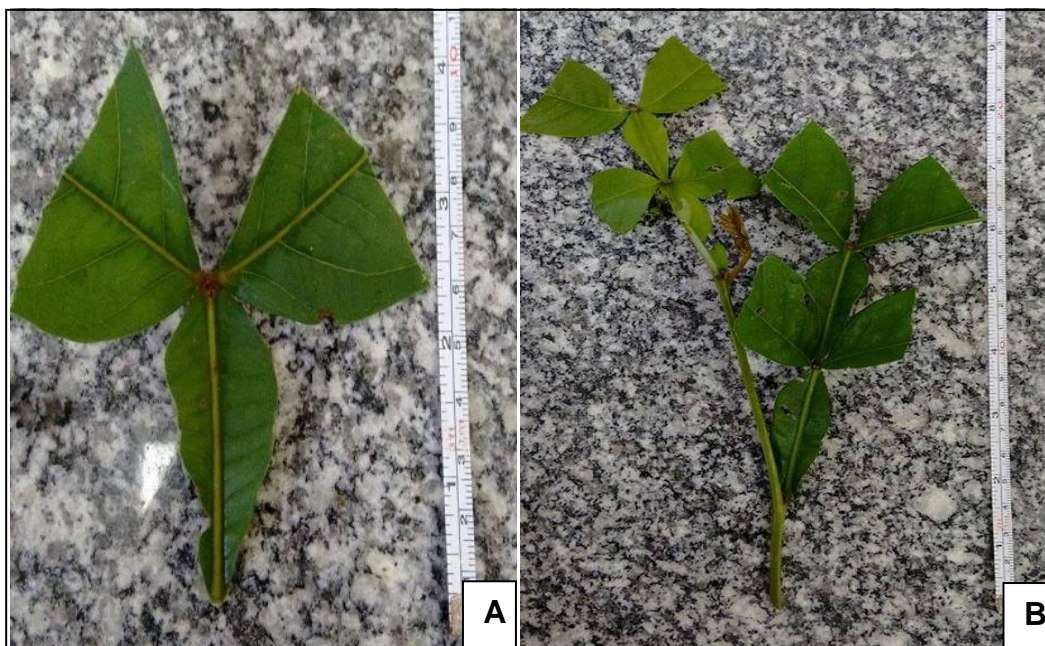
A coleta nas plantas juvenis do minijadim foi realizada com tesoura de poda manual, onde colheu as brotações de cada planta.

Logo após serem coletados, os ramos foram acondicionados em caixas de isopor e para manter as condições de vigor e turgescência dos mesmos, pulverizou-se água com pulverizador manual. Em seguida foram levadas para o laboratório da área experimental para a confecção das estacas.

As estacas foliares das matrizes adultas e as miniestacas foliares das matrizes juvenis foram preparadas com tamanho de 8 a 10 cm, contendo parte raque foliar e um par de folíolos reduzidos pela metade com objetivo de diminuir a superfície de transpiração (Figura 5A).

As estacas e miniestacas caulinares foram confeccionadas com 20 cm aproximadamente nas quais se manteve a gema apical e duas folhas com dois pares de folíolos reduzidos pela metade (Figura 5B).

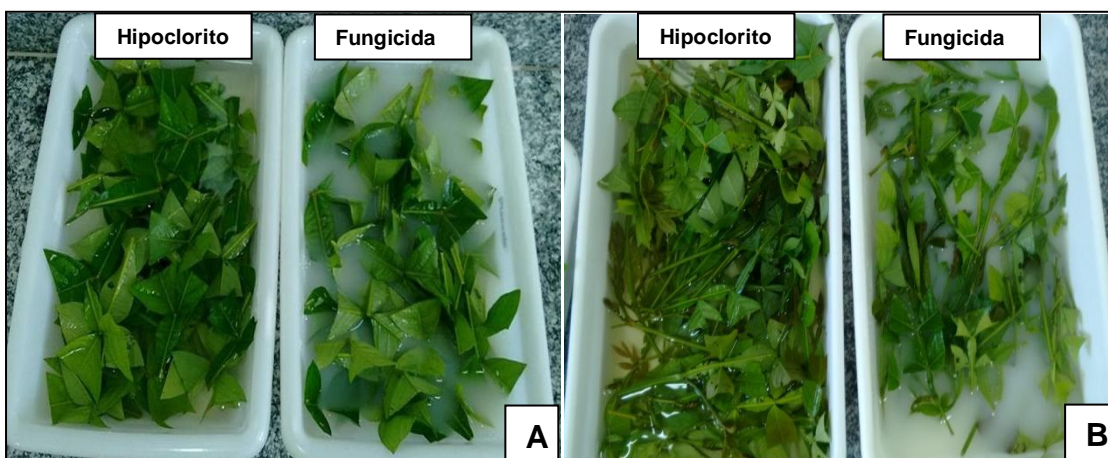
Figura 5 – Material preparado para a estaquia de *Inga edulis*. A: estaca foliar e B: estaca caulinar.



Fonte: a autora

Depois de confeccionadas, as estacas e miniestacas caulinares e foliares foram submetidas à desinfestação mediante imersão, por 10 minutos, em hipoclorito de sódio a 0,5%, com posterior lavagem em água corrente, e em seguida foram tratadas em fungicida Captan a 0,2% (Figura 6).

Figura 6 – Desinfestação com hipoclorito de sódio a 0,5% e imersão em fungicida Captan a 0,2%. A: estacas e miniestacas foliares de *Inga edulis* e B: estacas e miniestacas caulinares de *Inga edulis*.



Fonte: a autora

4.5 Preparo das diferentes concentrações de AIB

As diferentes concentrações de AIB foram preparadas misturando talco industrial ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) em pó. Para preparar 10.000 mg da fórmula contendo AIB a 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000, 16.000 e 32.000 mg kg^{-1} utilizou-se 10, 20, 40, 80, 160 e 320 mg de AIB puro, respectivamente, acrescentando o talco até completar 10.000 mg, posteriormente a mistura foi homogeneizada, obtendo assim o peso final de cada concentração.

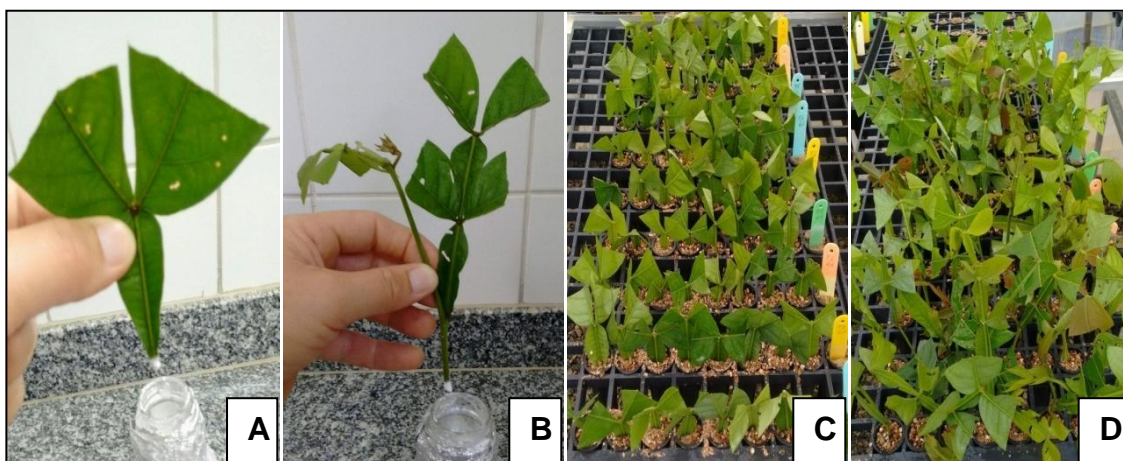
4.6 Estaqueamento das estacas

As estacas e miniestacas foliares e caulinares foram submetidas ao enraizamento, sendo a base dos propágulos imersa por 10 segundos em diferentes doses de AIB (Figura 7A e 7B), e estaqueadas em tubetes de 55 cm^3

de capacidade volumétrica, contendo Vermiculita de gramatura média (Figura 7C e 7D).

O estaqueamento foi realizado em casa de vegetação (mini estufa) com estrutura de alumínio galvanizado, teto em capela, revestida com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com sistema de nebulização intermitente, com pulverizações de 10 segundos, a cada 3 minutos, mantendo-se assim, a umidade constante acima de 80%. Foram realizadas medições diárias de temperatura e umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação, através de uma miniestação climática. As medidas foram tomadas sempre às 14 horas por ser o período de maior temperatura. A temperatura média durante o experimento foi de 28,7°C e a média de umidade foi de 82,6%.

Figura 7 – Etapa de plantio das estacas na casa de vegetação. A e B: aplicação de AIB na base das estacas foliares e caulinares; C e D: estacas foliares e caulinares na casa de vegetação respectivamente.



Fonte: a autora

As estacas e miniestacas foliares e caulinares permaneceram na casa de vegetação por 45 dias.

4.7 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, testando-se diferentes concentrações de AIB.

No experimento com matrizes adultas utilizou sete concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 e 32000 mg Kg⁻¹), sendo que no experimento foliar utilizou-se cinco repetições e no caulinar quatro repetições. Cada unidade experimental foi formada por dez estacas (Tabela 2).

No experimento foliar e caulinar de matrizes juvenis utilizou-se cinco concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000 e 8000 mg Kg⁻¹), com cinco repetições cada, sendo cada unidade experimental formada por 8 estacas (Tabela 2).

Tabela 2 – Delineamento experimental e descrição dos tratamentos das estacas caulinares e foliares oriundas das matrizes adultas e juvenis.

Matrizes	Matrizes adultas		Matrizes juvenis	
Doses	0, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 32000 mg Kg ⁻¹		0, 1000, 2000, 4000, 8000 mg Kg ⁻¹	
Tipo de estaca	Foliar	Caulinar	Foliar	Caulinar
Repetições	5 repetições com 10 estacas cada	4 repetições com 10 estacas cada	4 repetições com 8 estacas cada	
Delineamento	Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)			

Fonte: a autora

4.8 Avaliações

Após 45 dias de permanência das estacas e miniestacas foliares e caulinares em casa de vegetação as mesmas foram retiradas dos tubetes para análise do percentual de sobrevivência, em seguida as raízes foram lavadas para analisar a porcentagem de propágulos com calo e enraizados.

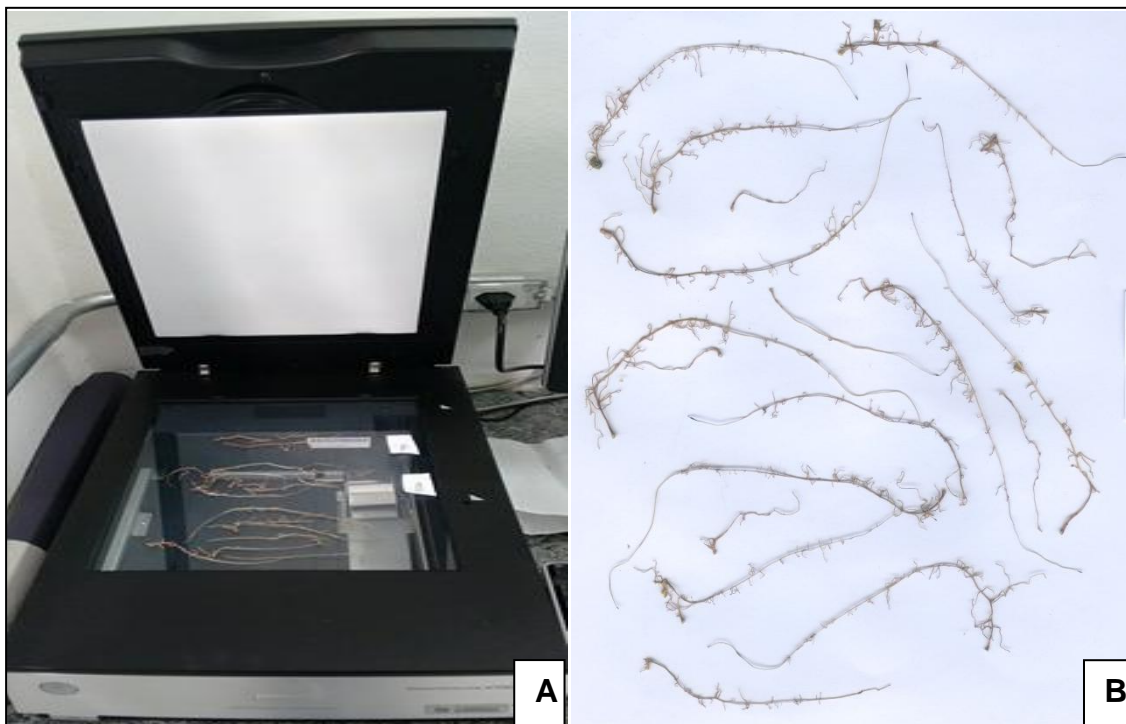
Nas miniestacas foliares e caulinares de matrizes juvenis foi analisado o número de raízes (NR), contando apenas as raízes emitidas diretamente da base e o comprimento (CR) da maior raiz com uma régua milimetrada.

Para determinação da MSPA (massa seca da parte aérea) e MSR (massa seca de raízes) das miniestacas foliares e caulinares, o material vegetal foi dividido separando a parte aérea das raízes. Em seguida, o material foi acondicionado separadamente em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de

65°C até peso constante, sendo então pesado em balança de precisão a MSPA e MSR. A MST (massa seca total) da soma da MSPA e MSR.

Foi selecionado aleatoriamente um indivíduo de cada repetição para avaliação das raízes, estas raízes foram guardadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e colocadas em um congelador para posterior digitalização. Para a digitalização das imagens, as raízes foram retiradas do congelador colocadas em papel absorvente para secar e em seguida digitalizadas em um scanner modelo Epson Perfection 750 Pro (Figura 8A), em uma resolução de 400 pixels (Figura 8B). Uma vez digitalizadas as imagens foram submetidas ao programa SAFIRA versão 1,1 (JORGE et al., 2010) para quantificação do CR (comprimento de raízes), (AS) área superficial e e (DR) diâmetro das raízes, conforme procedimentos adotados por Freitas et al. (2005) e Partelli et al. (2010).

Figura 8 – Digitalização das raízes. A: scanner com raízes para digitalização; B: Raízes de miniestaca caular de *Inga edulis* digitalizada.



Fonte: a autora

4.9 Análise estatística dos dados

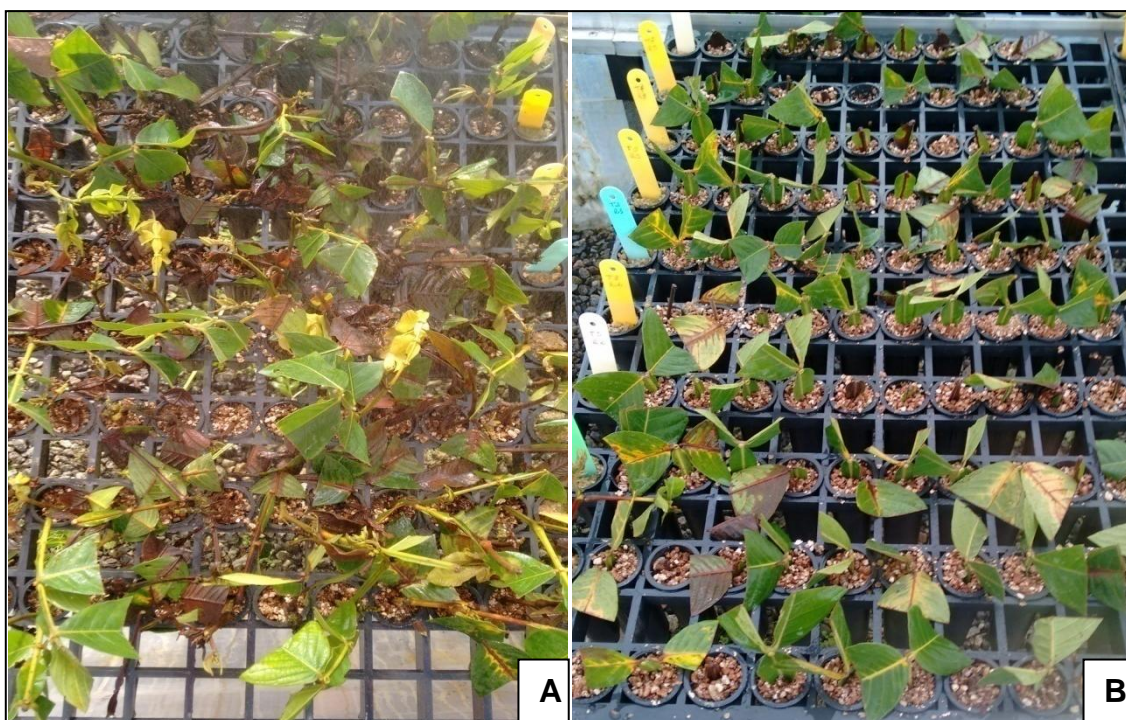
Os dados foram submetidos ao teste de verificação de pressuposição de normalidade (Shapiro Wilk). Em seguida, realizou-se a análise de variância e ao verificar diferenças significativas, pelo teste F a 5%, as médias foram submetidas à análise de regressão a fim de verificar a concentração ótima para cada variável, por meio da primeira derivada dos estimadores β_0 e β_1 . Para a escolha das equações foi considerada a significância dos modelos, o significado biológico e o coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico Sisvar® (Ferreira, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Enraizamento das estacas foliares e caulinares de matrizes adultas.

Decorridos 12 dias da instalação do experimento observou-se a queda dos folíolos nas estacas foliares e das folhas nas estacas caulinares e a morte de algumas estacas (Figura 9).

Figura 9 – Experimento 12 dias após a instalação na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro – ES. A: estacas caulinares de matrizes adultas; B: estacas foliares de matrizes adultas



Fonte: a autora

5.1.1 Enraizamento das estacas foliares de matrizes adultas.

Aos 45 dias após o estaqueamento observou-se que as estacas foliares de matrizes adultas apresentaram pequeno percentual de estacas enraizadas, com calo e de sobrevivência (Tabela 3). As médias não apresentaram diferenças significativas para as variáveis em análise, em função das doses de AIB aplicadas.

Tabela 3 – Porcentagem de enraizamento, de presença de calo e de sobrevivência em estacas foliares de matrizes adultas de *Inga edulis*, submetidas a diferentes concentrações AIB, 45 dias após estaqueamento.

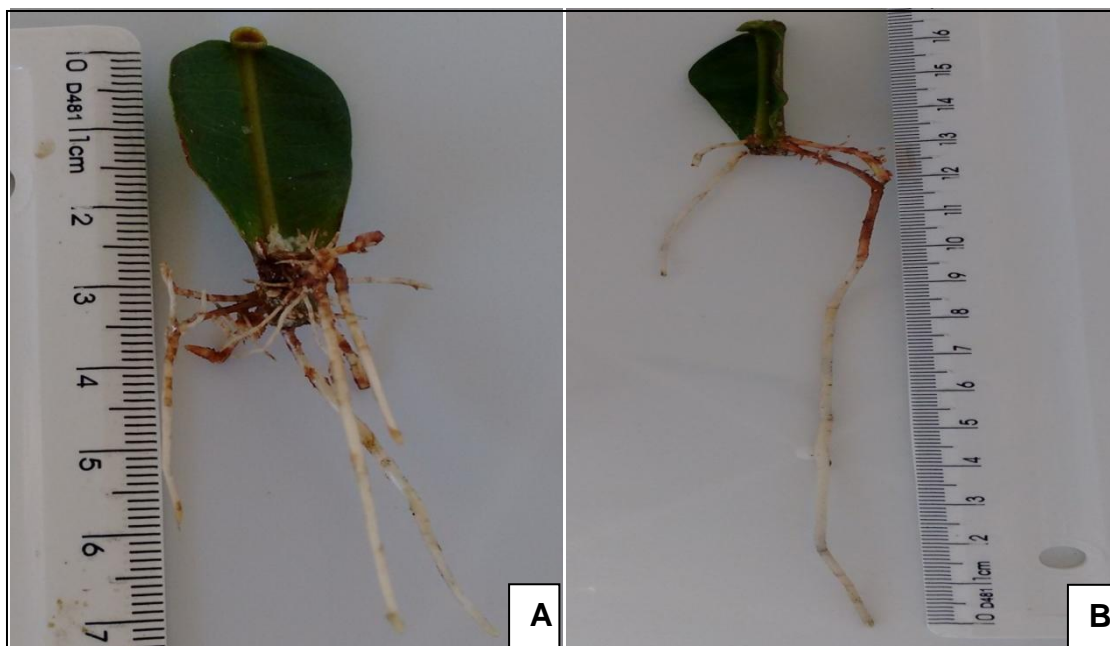
Doses de AIB (mg Kg ⁻¹)	Variáveis analisadas		
	Enraizamento % ^(ns)	Calo % ^(ns)	Sobrevivência % ^(ns)
0	16	6	50
1000	18	18	36
2000	10	12	32
4000	18	16	40
8000	12	24	42
16000	18	18	38
32000	14	10	28

Em que: ns – não significativo pelo teste F a 0,5 % de probabilidade.

Fonte: a autora

Observou-se que mesmo nas estacas enraizadas não houve brotações (Figura 10A e 10B), isto sugere que a estaquia foliar de material adulto não é propícia para a propagação vegetativa da espécie estudada. Ou o tempo que as estacas foram em casa de vegetação não foi suficiente para que as mesmas emitissem brotações.

Figura 10 – A e B: enraizamento de estacas foliares de matrizes adultas de *Inga edulis* aos 45 dias do estaqueamento.



Fonte: a autora

A estaca foliar tem sido utilizada com mais frequência na floricultura e jardinagem, na silvicultura ainda é pouco estudada. As estacas foliares têm uma maior facilidade para enraizar, porém com certa limitação para regeneração e desenvolvimento da parte aérea, por isso é pouco usual em propagação vegetativa de espécies florestais (GOMES, 1987; HARTMANN et al., 2011).

5.1.2 Enraizamento das estacas caulinares de matrizes adultas.

Constatou-se que as estacas apresentaram baixo percentual de enraizamento, de calo e baixa sobrevivência. Não se observou diferenças significativas para as variáveis enraizamento, presença de calo e sobrevivência, em função das doses de AIB aplicadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Porcentagem de enraizamento, de presença de calo e de sobrevivência de estacas caulinares de matrizes adultas de *Inga edulis*, submetidas a diferentes concentrações de AIB.

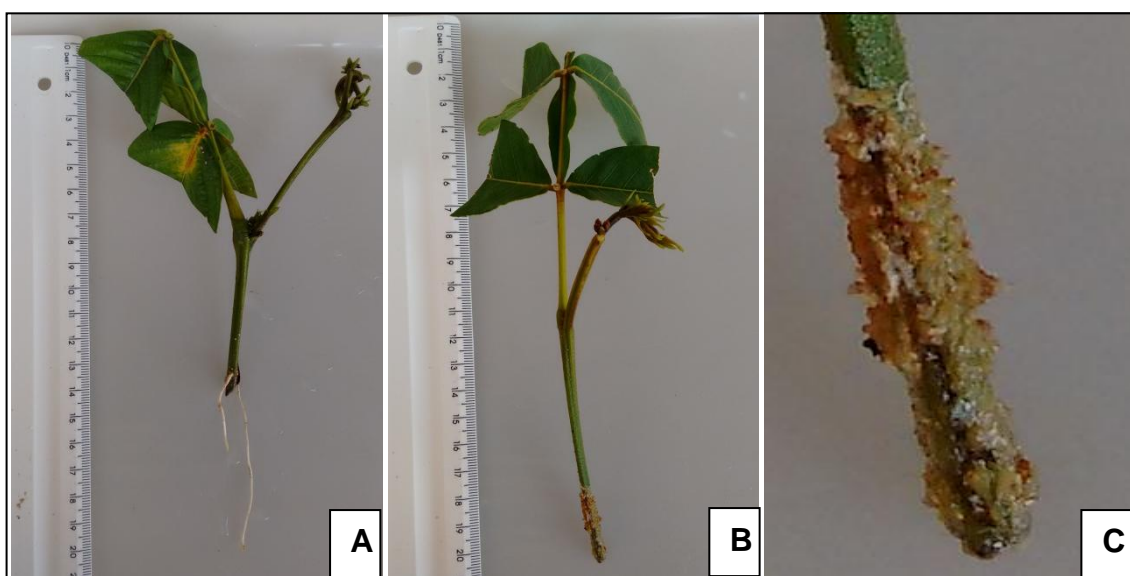
Doses de AIB (mg Kg ⁻¹)	Variáveis analisadas		
	Enraizamento % ^(ns)	Calo % ^(ns)	Sobrevivência % ^(ns)
0	2,5	2,5	5
1000	5	2,5	7,5
2000	10	5	15
4000	7,5	5	12,5
8000	5	20	27,5
16000	5	10	20
32000	5	10	17,5

Em que: ns – não significativo pelo teste F a 0,5 % de probabilidade.

Fonte: a autora

As estacas caulinares de matrizes adultas perderam as folhas muito precocemente, e este fator pode ter implicado na sobrevivência das mesmas, pois foi observado que as estacas que permaneceram com folhas enraizaram e/ou apresentaram calos (Figura 11).

Figura 11 – Estacas de matrizes adultas de *Inga edulis*. A: estaca enraizada; B: estaca com calo C: detalhes do calo, aos 45 dias após estaqueamento.



Fonte: a autora

Para Pacheco e Franco (2008), espera-se que a retenção foliar favoreça a sobrevivência e a formação do sistema radicular, devido às folhas serem locais de síntese de auxina e carboidratos.

As estacas utilizadas neste experimento apresentavam-se bem lignificadas, fator que pode interferir na formação de raízes, pois a maturação dos tecidos vegetais constitui uma barreira física ao desenvolvimento radicular pela deposição de lignina nas paredes celulares, e ainda reduz a habilidade fisiológica de desenvolver primórdios radiculares (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013; HARTMANN et al., 2011).

A anatomia do caule pode influenciar na propagação, devido à maturidade dos tecidos mais velhos (FERRIANI et al., 2008). Visto que a maturação envolve efeitos fisiológicos e mudanças bioquímicas, que alteram as concentrações de hormônios que estão envolvidos no processo de enraizamento (COSTA et al., 2013).

Além do grau de lignificação das estacas, deve-se também levar em consideração a idade das matrizes, que já se encontravam na fase adulta, por já estarem em reprodução, conforme Xavier; Wendling; Silva, (2013) estacas oriundas de árvores adultas tendem a não enraizarem em função da diminuição da capacidade de formar raízes com o aumento da idade, pois ramos maduros normalmente possuem menor concentração de auxina em virtude da maior idade ontogenética.

Santos et al. (2011), utilizando estacas lenhosas de matrizes adultas, observaram que dentre as várias espécies estudadas algumas são promissoras ao enraizamento, outras podem ser propagadas facilmente sem uso de AIB e algumas como *Inga marginata* e *Inga vera* não demonstraram potencial para enraizamento. No presente estudo estacas de matrizes adultas de *Inga edulis* demonstraram baixo potencial para enraizamento nas condições estudadas.

5.2 Enraizamento das miniestacas foliares e caulinares de matrizes juvenis.

As miniestacas foliares e caulinares de matrizes juvenis durante a fase de enraizamento apresentaram aproximadamente 100% de sobrevivência em todos os tratamentos após os 45 dias na casa de vegetação (Figura 12).

Figura 12 –A: estacas apicais; B: estacas foliares de *Inga edulis* 45 dias após o estaqueamento em casa de vegetação, Jerônimo Monteiro – ES.



Fonte: a autora

5.2.1 Enraizamento das miniestacas foliares.

As miniestacas foliares apresentaram enraizamento acima de 70% em todos os tratamentos, baixo percentual de calosidade e 100% de sobrevivência nas diferentes concentrações de AIB (Tabela 5).

Tabela 5 – Porcentagem de enraizamento, de calo e de sobrevivência em miniestacas foliares de *Inga edulis*, submetidas a diferentes concentrações AIB.

Doses de AIB (mg Kg ⁻¹)	Variáveis analisadas		
	Enraizamento % ^(ns)	Calo % ^(ns)	Sobrevivência % ^(ns)
0	72,5	17,5	100
1000	85	15	100
2000	80	17,5	100
4000	77,5	20	100
8000	75	12,5	100

Em que: ns – não significativo pelo teste F a 0,5 % de probabilidade.

Fonte: a autora

Verificou-se que as diferentes concentrações de AIB não influenciaram significativamente o percentual de enraizamento, de calosidade e a sobrevivência das miniestacas foliares. Resultados similares foram observados por Betanin e Nienow (2010), para estaquia foliar de *Erythrina falcata*, em que os autores verificaram que o uso do AIB proporcionou um estímulo ao enraizamento das estacas foliares, mas este não implicou em diferenças das doses entre si.

Pesquisas realizadas por Neves et al. (2006), Endres et al. (2007) e Leandro et al. (2008) para *Erythrina falcata* (corticeira-da-serra), *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) e *Couepia edulis* (castanha-de-cutia) respectivamente, indicaram que o AIB não incrementou e nem afetou a formação de calos nas estacas dessas espécies, assim como observado no presente experimento.

O uso do AIB nem sempre exerce influencia na propagação vegetativa. Lafeté et al. (2016) verificaram que o AIB não influenciou no desenvolvimento do sistema radicular e aéreo das mudas e, tampouco, na sobrevivência de estacas de *Senna alata* (fedegoso gigante). Stuepp et al. (2017) constataram que a aplicação de AIB não aumentou o enraizamento *Ilex paraguariensis*.

Quanto mais jovem for o material vegetativo utilizado, maior o sucesso do enraizamento, seja pela capacidade das células retornarem a condição meristemática ou pela capacidade de crescimento da planta (TORRES 2003).

Observou-se que na estaquia com propágulos mais jovens houve maior facilidade de formar raízes adventícias, em relação aos propágulos adultos. De acordo com Ferriani et al. (2011) e Dias et al. (2012), o material vegetativo juvenil é mais responsivo ao enraizamento adventício.

Em relação às variáveis, (MSR g), (CR cm) e (NR) não houve efeito significativo em função dos diferentes tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 – Massa seca de raízes (MSR g), comprimento de raízes (CR cm) e número de raízes (NR) de miniestacas foliares de *Inga edulis* aos 45 dias após o estaqueamento.

Doses de AIB (mg Kg ⁻¹)	Variáveis analisadas		
	MSR(g) ^(ns)	CR (cm) ^(ns)	NR ^(ns)
0	0,047	2,66	2,19
1000	0,089	3,47	2,87
2000	0,055	3,33	2,74
4000	0,036	2,28	2,67
8000	0,026	1,54	3,84

Em que: ns – não significativo pelo teste F a 0,5 % de probabilidade.

Fonte: a autora

As variáveis relacionadas ao sistema radicular como massa seca das raízes, o comprimento e o número de raízes, são importantes na produção de mudas, pois, mudas com sistema radicular bem formado possuem maior possibilidade de sobrevivência e desenvolvimento no campo.

Observou-se que apesar do relativo sucesso no enraizamento das miniestacas foliares não foi observado brotação em nenhuma estaca durante o período de realização do experimento. Isto sugere a inexistência ou impossibilidade das folhas formarem gemas vegetativas, capazes de regenerarem uma planta, ou a necessidade das estacas ficarem mais tempo sob as mesmas condições, para que ocorra a indução de brotações.

Porém o potencial de enraizamento das estacas foliares confirma a importância da presença de folhas nas estacas caulinares (BETANIN; NIENOW, 2010). O efeito benéfico das folhas é relatado por Hartmann et al. (2011), no qual ressalta que a presença de folhas pode proporcionar melhor enraizamento, pois são fontes de promotores de enraizamento.

5.2.2 Enraizamento das miniestacas caulinares.

Em ambos os tratamentos a sobrevivência foi de aproximadamente 100% e o enraizamento superior a 85%.

As miniestacas caulinares apresentaram sistema radicular bem desenvolvido, com as raízes principais finas e presença de raízes secundárias (Figura 13). Esse resultado pode ser explicado pela idade dos propágulos, tendo em vista que o material juvenil apresenta maior competência para o enraizamento adventício.

Figura 13 – Miniestacas de *Inga edulis*. A e B: miniestaca caular enraizada 45 dias após o estaqueamento em casa de vegetação, Jerônimo Monteiro – ES.



Fonte: a autora

Houve diferença significativa sobre as variáveis: números de raízes (NR), área superficial (AS) e diâmetro de raízes (DR) (Tabela 7).

Tabela 7 – Síntese da análise de variância para as variáveis: massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), número de raízes (NR), área superficial (AS), diâmetro e comprimento de raízes adventícias (CR) de miniestacas caulinares apicais de *Inga edulis* aos 45 dias em casa de vegetação em Jerônimo Monteiro – ES.

FV	GL	Quadrados Médios			
		MSPA(g)	MSR(g)	MST(g)	NR
Doses	4	0,55 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,54 ^{ns}	44,51*
Resíduo	20	0,56	0,012	0,67	13,17
CV %		22,24	42,55	22,44	33,26

FV	GL	Quadrados Médios		
		CR(cm)	DR	AS
Doses	4	4,45 ^{ns}	0,037**	598,24**
Resíduo	20	4,15	0,0034	71,45
CV %		21,20	22,96	20,76

Em que: ns (não significativo), ** e * significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

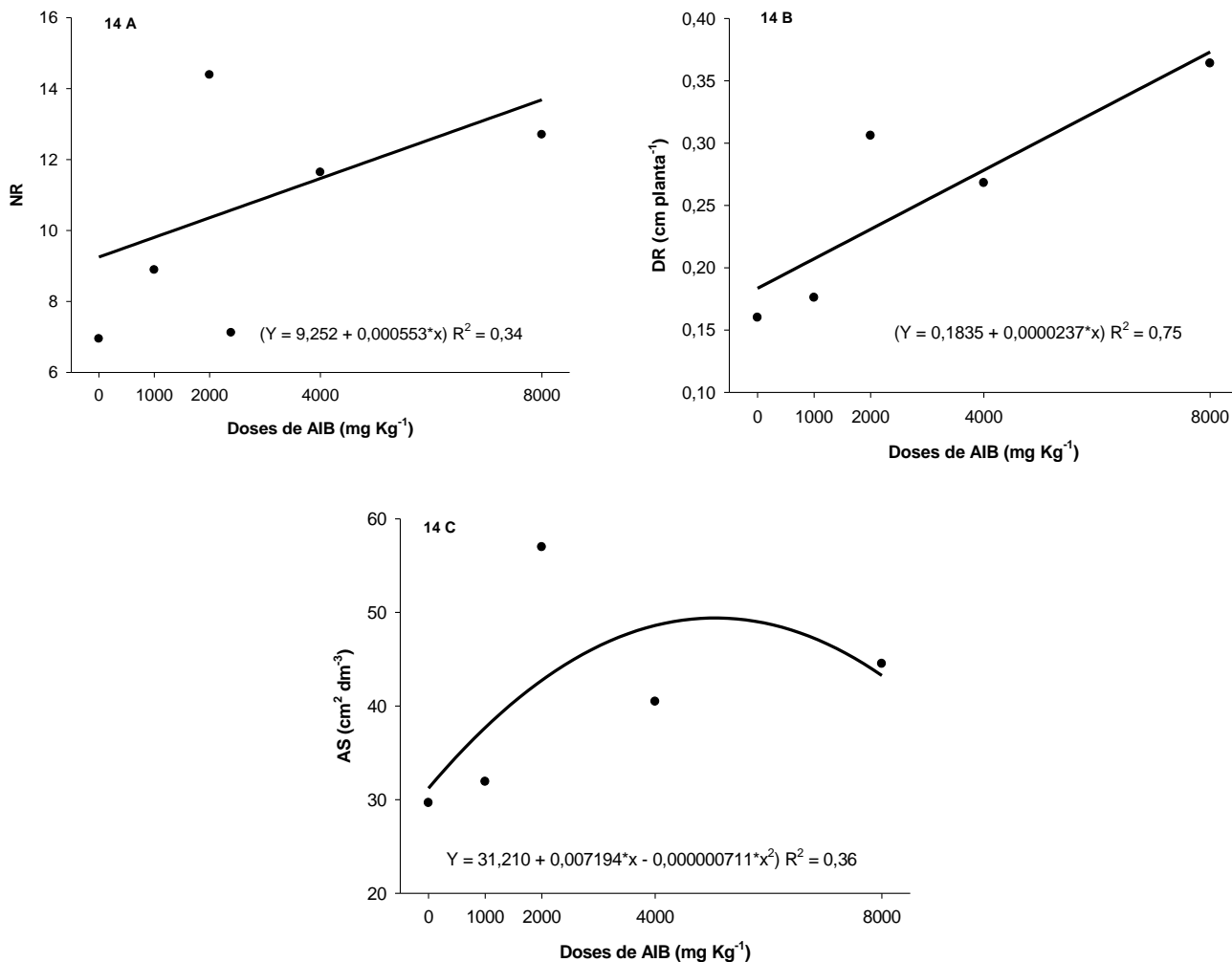
Fonte: a autora

Os resultados mostram que em relação aos fatores MSPA, MSR, MST e CR não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) com peso médio igual a 3,38 (g), 0,27 (g) e 3,65 (g) respectivamente, assim como o comprimento, que não foi afetado pelos tratamentos, apresentando média de 9,62 cm em função concentrações de AIB nas condições em que foi realizado o experimento.

Verificou-se que a variável NR (Figura 14 A) foi significativamente afetada pela auxina, apresentando um crescimento linear. A média estimada do número de raízes foi menor quando não utilizou AIB com média de 9,25, e o melhor resultado verificado foi na concentração 8000 mg kg⁻¹ com média de 13,68 raízes por miniestacas.

A variável CR não diferiu estatisticamente em função das doses de AIB, já o DR apresentou diferenças estatística entre as doses, apresentando tendência de crescimento linear, em que o valor máximo foi de 0,36 cm na concentração 8000 mg Kg⁻¹ (Figura 14 B). Em relação à AS, o modelo quadrático foi o que melhor explicou o efeito das concentrações, com a maior média final (49,41cm²dm⁻³) obtida na concentração estimada 5,060mg Kg⁻¹ (Figura 14 C).

Figura 14 – A: área superficial (AS), B: diâmetro de raízes (DR) e C: número de raízes de miniestacas caulinares de *Inga edulis*, aos 45 dias após estaqueamento.



Fonte: a autora

O AIB promoveu maior número, diâmetro e área superficial das raízes das miniestacas caulinares, quando comparadas àquelas não tratadas com o AIB. O número de raízes adventícias foram maiores com a aplicação de AIB. No entanto, é provável que essas raízes sejam mais finas, pois não houve variação quanto a massa seca.

Apesar da aplicação de AIB não ter proporcionado maiores taxas de enraizamento, este influenciou positivamente no vigor das miniestacas, uma vez que as mudas apresentaram sistema radicular mais robusto, evidenciado pelo maior número de raízes com aumento da dosagem.

Pesquisas com outras espécies verificaram que as melhores médias quanto ao número de raízes foram obtidas com a concentração 2000mg L⁻¹. Yamamoto et al. (2010) observou que a aplicação de AIB nessa concentração aumentou o número, o percentual de enraizamento e o comprimento das raízes enraizamento de estacas de *Psidium guajava* (goiabeira). Oliveira (2015) constatou aumento no número das raízes com a dose de 2000 mg L⁻¹ em *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo).

Segundo Zietemann e Roberto (2007), a emissão de raízes em maior número e comprimento é fundamental quando o objetivo é a produção de mudas em escala comercial. Um sistema radicular bem formado contribui na absorção de nutrientes e água, o que proporciona um melhor desenvolvimento da muda quando levada a campo (FRACARO; PEREIRA, 2004; CARVALHO JUNIOR, 2009).

6 CONCLUSÕES

- As estacas foliares e caulinares de matrizes adultas tiveram baixo percentual de sobrevivência e enraizamento;
- As miniestacas foliares e caulinares provenientes de plantas juvenis apresentam 100% de sobrevivência e taxa de enraizamento em torno de 85%;
- As concentrações do ácido indol-3-butírico não proporcionaram efeito sobre a sobrevivência dos propágulos;
- A adição de 8000 mg Kg⁻¹ AIB em miniestacas caulinares apicais favoreceu raízes mais vigorosas e em maior número;
- O enraizamento de estacas e miniestacas foliares e caulinares de *Inga edulis* pode ocorrer sem a utilização do AIB;
- É possível usar a técnica de miniestaquia caulinar para produção de mudas de ingá em larga escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 500 p.
- ANDRADE, F. R. et al. Formulação de substratos alternativos na formação inicial de mudas de ingazeiro. **Scientia Agraria Paranaensis**. 14, n. 4, p. 234-239, 2015.
- BARBEDO, C. J.; MARCOS-FILHO, J. Tolerância à dessecação de sementes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 2, n. 2, p. 145-164, 1998.
- BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 871-880, 2010.
- BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C.J. Estudos da germinação e armazenamento de sementes de *Inga uruguensis* Hook. et Arn. **Científica**, v. 25, n.2, p.379-391, 1997.
- BORGES JUNIOR, N.; MARTINS-CORDER, M. P. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de acácia negra (*Acacia mearnsii* de ild.). **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 223-227, 2002.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. (I) Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 11-21, 2012.
- CAMARA, A. T. R. **Armazenamento de sementes pré - geminadas de *Inga vera* Willd.** 2011. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, BOTUCATU, 2011.
- CARVALHO JUNIOR, W. G. O. et al. Comprimento da estaca no desenvolvimento de mudas de alecrim-pimenta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2199-2202, 2009.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, D.F.: Embrapa-SPI, 2014.633 p.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: **Germinação: do básico ao aplicado** (FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. orgs.). Artmed, Porto Alegre, p.51-67, 2004.
- COSTA C. T. et al. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Front Plant Sci**, v.14, n.4, 2013.
- CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 85-92, 2008.
- CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-47, 2009a.

- CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relation of climate variables with eucalypt minicutting production and rooting. **Revista Árvore**, v. 33, p. 195-203, 2009b.
- DIAS, A. L. S.; SOUZA, J. N. S.; ROGEZ, H. Enriquecimento de compostos fenólicos de folhas de *Inga edulis* por extração em fase sólida: quantificação de seus compostos majoritários e avaliação da capacidade antioxidante. **Química Nova**, vol. 33, n.1, p. 38-42, 2010.
- DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.
- DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 379-386, 2015a.
- DIAS, P. C. et al. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 83-89, 2015b.
- ENDRES, L. et al. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indolbutírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 886-889, 2007.
- ESPINDULA, M. C. et al. Effect of growth regulators on wheat stem elongation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.
- FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Editora e Gráfica UFP, 1995. 179 p.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 221p.
- FAGANELLO, L. R. et al. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftaleno acético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: **Embrapa Florestas**, Colombo, Documentos, 94, 2004. 22 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112. 2014.
- FERRIANI, A. P. et al. Estaquia e anatomia de vassourão branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.159-166, 2008.
- FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.
- FORD, Y.Y. et al. Adventitious rooting: examining the role auxin in easy and difficult to root plant. **Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 2, p.149-159, 2002.
- FRACARO, A. A.; PEREIRA, F. M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira 'Rica' produzida a partir de estaquia herbácea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.183-185, 2004.
- FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 56p.

- FREITAS, T. A. S. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v.29, p.853- 861, 2005.
- GARCIA, F. C. P.; FERNANDES, J. M. *Inga* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23000>>. Acesso em: 03 de out. 2017.
- GOMES, A. L. **Propagação clonal**: princípios e particularidades. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 67 p. (série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation**: principles and practices. 8th. ed. New Jersey: Englewood Clippis, 2011. 900 p.
- HERNANDEZ W. et al. Vegetative propagation of jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) by cuttings. **RevistaÁrvore**, v. 37, n 5, p. 955-967, 2013.
- HERNÁNDEZ, W. et al. Vegetative propagation of pau-jacaré (*piptadenia gonoacantha* (MART.) MACBR.) for cutting. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 813-824, 2012.
- HOFFMANN, W. A. et al. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology**,v. 19, p. 932-940, 2005.
- JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B.; RODRIGUES, A. F. O. SAFIRA – **Software para a análise de fibras e raízes**. Versão 1.1. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010.
- LAFETÁ, B. O. et al. Ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de estacas de fedegoso gigante. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 489-496, 2016.
- LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 597-602, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. 384p.
- MAIA, A. R.; LOPES, J. C.; TEIXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 678-684, 2007.
- MANTOVANI, N. et al. Cultivo de Canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**. vol. 27 n. 1, p. 225-236, 2017.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, 2005. 495p.
- MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H. Umedecimento do substrato na emergência e vigor de plântulas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 224-230, 2009.

MARTINS, W. A. et al. Estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 58-64, 2015.

MATA, M. F. et al. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 549-566, 2013.

NEVES, T. dos S.; et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variação sazonal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1699-1705, 2006.

NIENOW, A. A. et al. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1-4, p. 139-142, 2010.

OINAM, G. et al. Adventitious root formation in ornamental plants: I. General overview and recent successes. **Propagation of Ornamental Plants**, v. 1, n. 2, p. 78-90, 2011.

OLIVEIRA, D. M. et al. Estaquia para propagação vegetativa do mofumbo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n.1, p. 163-167, 2014.

OLIVEIRA, D. M. T.; BELTRATI, C. M. Aspectos anatômicos de frutos e sementes em *Inga fagifolia* Willd. (Fabaceae:Mimosoideae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.625-636, 1993.

OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F. Enraizamento de estacas de *Euplassa inaequalis* (Pohl) Engl. de mata de galeria em diferentes estações do ano. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 991-999, 2013.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). **Ciência Florestal**, v.25, n.4, p.1043-1051, 2015.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.

PACHECO, J.P.; FRANCO, E.T.H. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1900-1906, 2008.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 52p.

PARTELLI, F. L. et al. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 393-399, 2013.

PIZZATTO, M. et al. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Ceres**, v. 58, n. 4, p. 487-492, 2011.

- PRETI, E. A. et al. Estaquia de resedá-nacional (*Physocalymma scaberrimum* Pohl.) em diferentes substratos e concentrações de AIB. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 381-387, 2012.
- SALAZAR, A.; SZOTT, L.; PALM, C. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. **Agroforestry Systems**, v. 22, n. 1, p. 67-82, 1993.
- SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.343-349, 2006.
- SANCHOTENE, M. C. C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. 2 ed. Porto Alegre: SAGRA, 306 p. 1989.
- SANTOS, C. M.; MARROQUIM, P. M.; ENDRES, L. Propagação por estaquia semilenhosa de ingá com uso de fitorregulador. **Ciência Agrícola**, v. 10, n. 1, 2012.
- SANTOS, J. de. P. et al. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais, **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.
- SARMIENTO, A. I. P. et al. Estaquia de *Ficuscestrifolia* Schott ex Spreng.: concentrações de ácido indol-3-butírico e ambientes de enraizamento. **Iheringia Série Botânica**, v. 70, n. 1, p. 167-172, 2015.
- SILVA, M. P. S. da. et al. Growth and quality of australian cedar saplings originated from different multiclonal minigarden systems. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1127-1134, 2016.
- SILVA, M. T. H.; MARTINS, A. B. G.; ANDRADE, R. A. Enraizamento de estacas de pitaya vermelha em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 61-64, 2006.
- SOUZA JUNIOR, L. **Tipo de minijardim clonal e efeito do ácido indolbutírico na miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. (Proteaceae)**. 2007. 66f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.
- SOUZA, C. C. et al. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill X *E. urophylla* S. T. Black. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.67-77, 2013.
- SOUZA, J. C. A. V. et al. Propagação vegetativa do cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.33, n.2, p. 205-213, 2009.
- STUEPP, C. A. et al. Age of stock plants, seasons and IBA effect on vegetative propagation of *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**. v. 41, n. 2, p. 1-7, 2017.
- STUEPP, C. A. et al. Estaquia de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. *Mikado* a partir de brotações epicórmicas de decepa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 667-677, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia.** 2003. 79f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2003.

VIGNOLO, G. K. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.467-472, 2014.

WALKER, C.; ARAÚJO, M. M.; MACIEL, C. G.; MARCUZZO, S. B. Viveiro florestal: evolução tecnológica e legalização. **Revista Verde**, Mossoró, v. 06, n. 05, p. 08-14, 2011.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. Vegetative rescue and cuttings propagation of *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 93-104, 2015.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto Colombo: **Embrapa Florestas**, 2010. cap.2, p. 50-80.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: Princípios e técnicas.** ed. 2. Viçosa, MG: UFV, 2013. 279 p.

YAMAMOTO, L. Y. et al. Cutting rooting of *Psidium guajava* L. 'Século XXI' guava treated with indole butyric acid with talc and alcohol as a vehicle. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1037-1042, 2010.

ZIETEMANN, C; ROBERTO, S. R. Efeito de diferentes substratos e épocas de coleta no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira, cvs. Paluma e Século XXI. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v. 29, n.1, p. 31-36, 2007.