

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

The logo of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a bird, possibly a toucan, with its wings spread. The bird is surrounded by a laurel wreath. Above the bird are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written in a circle around the top, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written around the bottom. Two small dots are positioned on either side of the title text.

**EFEITO DAS SOLUÇÕES ENRAIZADORAS AIB, 2,4-D E ANA
EM ESTACAS DE GUARANAZEIRO**

MAÍSA SILVA DOS SANTOS LEMOS

Manaus, AM

2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

MAÍSA SILVA DOS SANTOS LEMOS

**EFEITO DAS SOLUÇÕES ENRAIZADORAS AIB, 2,4-D E ANA
EM ESTACAS DE GUARANAZEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Atroch

Coorientadora: Prof^a. Dra. Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch

Manaus, AM
2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

L557e Lemos, Máisa Silva dos Santos
Efeito das soluções enraizadoras AIB, 2,4-D e ANA em estacas
de guaranazeiro / Máisa Silva dos Santos Lemos. 2020
82 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: André Luiz Atroch
Coorientadora: Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Propagação vegetativa. 2. Estaquia. 3. Paullinia cupana . 4.
Reguladores de crescimento. I. Atroch, André Luiz II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

MAÍSA SILVA DOS SANTOS LEMOS

**EFEITO DAS SOLUÇÕES ENRAIZADORAS AIB, 2,4-D E ANA
EM ESTACAS DE GUARANAZEIRO**

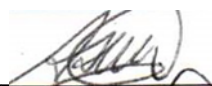
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA



Dr. André Luiz Atroch - Presidente
EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL



Dr. Anderson Adriano Martins Melo - Membro
EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL/FAPEAM



Dr. Ernesto Oliveira Serra Pinto - Membro
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

DEDICO

Aos meus queridos familiares, especialmente a minha mãe Mariza dos Santos, e aos meus avós, Raimundo Paulo (in memoriam) e Maria dos Santos, os grandes responsáveis por cada conquista em minha vida, os meus maiores incentivadores, e aos meus irmãos Marcos Alexandre, Meysse dos Santos e Miriam dos Santos, e as minhas sobrinhas Melissa e Melina dos Santos, a minha tia Marilda dos Santos, e aos meus sogros Jorge Lemos e Maria Goreth Lemos pelo apoio e dedicação que me possibilitaram cumprir esta etapa.

OFEREÇO:

A Deus,

Ao meu esposo Elinay Araújo de Lemos pela paciência, amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Amado Deus pela saúde, determinação e persistência para alcançar meus objetivos.

Ao pesquisador Dr. André Luiz Atroch pela contribuição no processo de orientação, pelos conhecimentos transmitidos, por toda confiança e oportunidade de desenvolver este trabalho sob sua orientação e por estar presente no momento que mais precisei. Agradeço a paciência nas nossas conversas e principalmente agradeço por sua amizade.

À Prof^a. Dra. Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch pela co-orientação, tanto prática quanto teórica, assim como pela disponibilização das soluções enraizadas para a montagem do experimento, onde sempre esteve disposta a ajudar no que fosse preciso.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia Tropical.

À coordenação e aos professores e funcionários da Pós-Graduação em Agronomia Tropical, pela oportunidade e que de alguma maneira estiveram envolvidos na minha caminhada.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, Dr. André Luiz Atroch, Dr. Ernesto Oliveira Serra Pinto, Dr. Anderson Adriano Martins Melo, Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa, Dr. Firmino José do Nascimento Filho e Dr. Inocêncio Junior de Oliveira, pelos ensinamentos compartilhados e pela confiança depositada na execução deste trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Alan Lima, Arthur Rosário, Bruna Enck, Macaulay Souza, Marta Ayres, Mauro Alves e Wildson Brito, pela amizade e apoio constante.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante a trajetória do trabalho (mestrado).

Ao Laboratório de Cultura de Tecido Vegetais do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amazonas, na pessoa da Prof^a. Dra. Eva Maria Alves Cavalcanti Atroch.

A Fazenda Jayoro, em Presidente Figueiredo - AM, pela disponibilização da coleta do material propagativo para a montagem do experimento.

A Embrapa Amazônia Ocidental pela concessão da infraestrutura para o processo de condução deste trabalho.

Aos funcionários do setor do Viveiro de Produção de Mudas do Campo Experimental da Embrapa: Sr. Luciano Malcher, Sr. Pedro Paulo Colares, Sr. João (Joazinho), Sr. Valdemar e Sr. Roque, pelo auxílio na implantação e manutenção do experimento, além da amizade e os momentos de descontração.

Ao técnico da Embrapa Amazônia Ocidental Orbélio Mota Campos Silva, pelo incentivo, conselhos e orientações no trabalho e na vida profissional.

Aos funcionários da Embrapa Amazônia Ocidental pelo apoio técnico e administrativo recebido durante o mestrado.

Aos colegas, Anderson Adriano, Carlos Daniel, Sheila Graciella, Julliane Fontes pelas suas contribuições e apoio durante a condução do experimento.

Ao meu esposo Elinay Araújo de Lemos pelo amor, carinho e compreensão pelas presenças ausentes, e que certamente me motivaram a perseverar neste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente no processo de construção deste trabalho, em especial à natureza.

Muito obrigada.

Maísa Silva dos Santos Lemos

RESUMO

A propagação de guaranazeiro por meio da estaquia é uma técnica que permite a fixação de genótipos selecionados, bem como mudas que confirmam ganhos de produtividade e/ou resistência a doenças. Estudos com estacas de guaranazeiro tratadas com 2,4-D e ANA são inexistentes, porém, tratamento com AIB é o método de enraizamento utilizado para os diversos clones. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento quanto ao enraizamento de genótipos de guaranazeiro submetidos ao uso de diferentes soluções enraizadoras, em condições de viveiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Amazônia Ocidental no período de junho a setembro de 2019, no viveiro do Campo Experimental de Manaus, em delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial com 16 genótipos x três reguladores de crescimento (AIB, 2,4-D e ANA) + 16 testemunhas adicionais, com 2 repetições e 10 plantas por parcela. Após 90 dias foram avaliados a porcentagem de estacas enraizadas (%), estacas com calos (%), e estacas mortas (%), o número de raízes, comprimento da maior raiz (cm), volume de raízes (mL), massa fresca de raízes (g) e massa seca de raízes (g). Dentre os reguladores testados, a adição de AIB e ANA proporcionou melhorias na qualidade do sistema radicular das estacas dos genótipos de guaranazeiro. A mortalidade foi influenciada pelo 2,4-D, que demonstrou maior toxicidade para as estacas. Com exceção da porcentagem de estacas com calos, todas as outras características foram influenciadas pelos diferentes reguladores de crescimento. Os genótipos apresentaram diferentes capacidades, quanto ao enraizamento, destacando o CMU 1004, CMU 1005, CMU 1006 e CMU 1014 com maiores porcentagens de estacas enraizadas, enquanto o CMU 1016 e CMU 1022 são os menos indicados para a propagação por estaquia. Embora tenha havido interação significativa entre genótipos x reguladores de crescimento para volume, peso fresco e seco de raízes, não houve significância do contraste entre o fatorial versus controle (genótipos não tratados). Deste modo, o uso de reguladores, nas condições deste experimento, não influencia no enraizamento de estacas de guaranazeiro.

Palavras chave: Propagação vegetativa, estaquia, *Paullinia cupana*, reguladores de crescimento.

ABSTRACT

Propagation of guarana by cutting is a technique that allows the fixation of the selected genotypes, producing seedlings of higher productivity and/ or resistance to diseases. There are no studies with guarana cuttings treated with 2,4-D and NAA, however, treatment with IBA for rooting is the method currently used for the different clones. This work was carried out with the objective of evaluating the rooting of sixteen guarana genotypes submitted to the use of different rooting solutions. The experiment was carried out by Embrapa Western Amazon from June to September 2019, in the nursery of the Experimental Field of Embrapa, in a randomized block design, with a factorial arrangement of 16 genotypes x three growth regulators (IBA, 2,4-D and NAA) + 16 additional controls, with 2 replicates and 10 plants per plot. After 90 days, the percentage of rooted cuttings (%), cuttings with calluses (%) and dead cuttings (%), the number of roots, length of the longest root (cm), root volume (mL), fresh weight of roots (g) and root dry mass (g). Among the regulators tested, the addition of IBA and NAA provided improvements in the quality of the root system in guarana genotypes. Average mortality was influenced by treatment with 2,4-D, showing greater toxicity to cuttings. Except the percentage of cuttings with calluses, all other characteristics were influenced by the different growth regulators. The genotypes showed different capacities, regarding the rooting of their cuttings, indicating the CMU 1004, CMU 1005, CMU 1006 and CMU 1014 with higher percentages of rooted cuttings, while CMU 1016 and CMU 1022 are the least indicated for propagation by cutting. Although there was significant interaction between genotypes and growth regulators for root volume, fresh and dry weight, there was no significant contrast between this factorial versus control (untreated genotypes). Thus, the use of regulators, under the conditions of this experiment, does not influence the rooting of guarana cuttings.

Key words: Vegetative propagation, cutting, *Paullina cupana*, regulators of growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição geográfica das espécies da família Sapindaceae. Fonte: MOBOT, 2019.

Figura 2. Características botânicas da variedade *sorbilis*. a) Hábito arbustivo; b) Folha pentafoliolada; c) Inflorescências; d) Flores pseudo-hermafroditas e e) Frutos maduros do guaranazeiro. Manaus, AM, 2019. Fonte: LEMOS, 2019.

Figura 3. Cultivar BRS Maués no campo experimental da Fazenda Jayoro. Presidente Figueiredo, AM, 2019. Fonte: LEMOS, 2019.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação taxonômica da espécie *Paullinia cupana* var. *sorbilis*.

Tabela 2. Valores analíticos do pH, matéria orgânica, macro e micronutrientes dos substratos areia e terriço utilizados no experimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 3. Valores granulométricos da areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila dos substratos areia e terriço utilizados no experimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em função de diferentes genótipos, com e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos, com e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 6. Médias originais da percentagem de estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em resposta aos três diferentes reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 7. Número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em resposta aos três diferentes reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 8. Médias originais da percentagem de estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos. Manaus, AM, 2019.

Tabela 9. Número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos. Manaus, AM, 2019.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para o volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 12. Volume de raízes (VR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 13. Massa fresca de raízes (MFR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 14. Massa seca das raízes (MSR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Tabela 17. Médias originais da percentagem de estacas enraizadas (EE), estacas mortas (EM) e estacas com calos (EC) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos sem a utilização de regulador. Manaus, AM, 2019.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo geral.....	4
2.2	Objetivos específicos.....	4
3.	HIPÓTESES	4
4.	REVISÃO DE LITERATURA.....	5
4.1	Aspectos gerais da cultura do guaranazeiro (<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke)	5
4.1.1	Origem e distribuição geográfica	5
4.1.2	Importância social e econômica.....	6
4.1.3	Classificação e descrição botânica	8
4.1.4	Propagação do guaranazeiro	11
4.1.4.1	Propagação via estaquia	12
4.1.5	Clones de guaranazeiro	14
4.2	Utilização de soluções enraizadoras.....	16
4.3	Viveiros para produção de mudas	19
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1	Local de condução do experimento	21
5.2	Local de coleta do material propagativo	21
5.3	Obtenção e preparo do substrato	22
5.4	Preparo das soluções enraizadoras.....	22
5.5	Obtenção e preparo das estacas	23
5.6	Imersão em soluções enraizadoras, Plantio e Tratos culturais.....	23
5.7	Delineamento experimental e tratamentos	24
5.8	Avaliação experimental	24
5.9	Análise estatística.....	25

6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7.	CONCLUSÃO.....	51
8.	REFERÊNCIAS	52
9.	ANEXO 1 (CROQUI)	67
10.	ANEXO 2 (CROQUI)	68

1. INTRODUÇÃO

A flora brasileira se destaca pela sua rica biodiversidade, fonte de espécies que apresentam princípios ativos aplicados na medicina popular, na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Desse modo, tem sido apontada como a maior dentre todos os lugares do mundo com mais de 56.000 espécies, ou seja, cerca de 19% do total do planeta (GIULIETTI et al., 2005).

A família Sapindaceae é uma representante desta biodiversidade (SOMNER et al., 2015), pois é predominantemente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais (BUERKI et al., 2010; ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011, ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2012). No Brasil, a família apresenta enorme representatividade, principalmente pelo gênero *Paullinia*, que possui espécies com destaque na produção de compostos com propriedades químicas e farmacológicas diversas (BITTENCOURT et al., 2010; HENMAN, 1982).

Dentre estas espécies, encontra-se a *Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke, conhecida popularmente por guaranazeiro. É uma planta genuinamente Amazônica, utilizada há séculos por sociedades indígenas devido às suas propriedades estimulantes e medicinais (CLEMENT et al., 2009).

Do fruto do guaranazeiro, a semente é o principal produto comercializado (ATROCH, 2001, 2002), sendo a maior parte da produção do país consumida no mercado interno; cerca de 70% é absorvida pelos fabricantes de refrigerantes. A partir dos grãos torrados podem ser obtidos o xarope, o bastão ou o pó concentrado (PEREIRA, 2005; SEBRAE, 2016).

De acordo com Higgins et al. (2010), as sementes de guaraná contêm o maior conteúdo natural de cafeína no mundo, com 2 a 8%, o que é significativamente quatro vezes maior que o do café (*Coffea arabica* L.), dez vezes mais do que no chá verde (*Camilla sinensis*) e 30 vezes o que é encontrado no cacau (*Theobroma cacao* L.) (EDWARDS et al., 2005).

O Brasil é o único produtor, em termos comerciais, de guaraná do mundo. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), a área destinada à colheita no Brasil é de 10.719 ha, com rendimento médio de 250 kg/ha de sementes secas, sendo que os maiores produtores são os estados da Bahia (263 kg/ha) e do Amazonas (197 kg/ha).

No estado do Amazonas, a produção atual de guaraná concentra-se no município de Maués, com uma produção de 392 toneladas de sementes secas de guaraná e renda de R\$ 6,7 milhões anuais (IBGE, 2017). No final da década de 80, o município de Maués foi considerado o maior produtor de guaraná do país, mas problemas de manejo e o envelhecimento dos guaranazais fizeram com que a produção diminuísse, ano após ano, até perder o posto para município de Taperoá na Bahia (ATROCH, 2001, 2002).

Nos últimos anos, pesquisas foram realizadas na busca de identificar e quantificar os constituintes químicos do guaraná (DALONSO e PETKOWICZ, 2012; SCHIMPL et al., 2014; NINA, 2019), porém, quando se trata de espécie nativa, grande é o interesse pelo método propagativo, buscando a conservação dos indivíduos de ocorrência natural, sujeitas a coletas excessivas de suas partes reprodutivas, como ramos, frutos e sementes, pois o extrativismo em excesso pode acabar suprimindo a disponibilidade de acessos sem que haja tempo necessário para o estabelecimento do método de propagação, tanto para plantios em escala comercial como para coleções de pesquisa e ensino.

Mesmo que a espécie possa ser propagada sexualmente, a produção de mudas por sementes não é recomendada, devido à grande variabilidade genética existente entre as plantas de guaranazeiro, além de produzirem um pomar desuniforme e produtividade muito variável (SEBRAE, 2016). A propagação vegetativa de guaranazeiro tem inúmeras vantagens, pois é uma técnica rápida, com menor tempo para a formação de mudas em espaço reduzido, maior uniformidade do estande, mantendo as características genéticas da planta doadora (ATROCH e NASCIMENTO FILHO, 2005; HARTMANN et al., 2011).

Dentre os métodos de propagação vegetativa, a estaquia constitui uma alternativa de superação das dificuldades na propagação de espécies nativas, podendo ser utilizada para fins comerciais, assim como auxiliar no resgate e conservação de recursos genéticos (DIAS et al., 2012). Entretanto, trabalhos concernentes ao enraizamento de estacas de guaranazeiro são escassos ou inexistentes para a maioria dos clones, necessitando desenvolver estudos que indiquem as condições ideais para a propagação da espécie.

Outro componente importante na propagação por estaquia refere-se à utilização de reguladores de crescimento adequados para o enraizamento, uma vez que as auxinas compõem o grupo de fitohormônios que possuem ação na formação de raízes adventícias (FACHINELLO et al., 1995). As raízes adventícias (ou raízes que se originam de tecidos diferentes dos normalmente competentes para se tornarem raízes) podem surgir em diversas localizações na planta, a partir de células maduras que retomam sua atividade de divisão celular. Estas células em divisão se tornam um meristema apical de raiz, de modo análogo à formação de raízes laterais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Na literatura, não existem estudos com a espécie referentes ao enraizamento de estacas tratadas com ANA e 2,4-D. Logo, a utilização de AIB para formação de mudas tem sido estudada por vários autores, sendo que alguns resultados divergem entre as dosagens e os genótipos de guaranazeiro.

Correa et al. (1983), utilizando AIB nas concentrações de 2.000, 4.000 e 6.000 mg kg⁻¹ em estacas herbáceas de guaranazeiro, obtiveram 100, 87 e 90% de enraizamento em estacas com uma gema, e em estacas padronizadas com duas gemas 93, 80 e 87% de estacas enraizadas.

Atroch et al. (2007), ressaltaram que a aplicação de AIB em altas dosagens inibe o enraizamento de estacas de clones de guaranazeiro, sendo que os clones de difícil enraizamento não respondem ao aumento da dosagem e os de fácil enraizamento dispensam a utilização de AIB.

Outros estudos também mostraram que o aumento das doses de AIB diminui a porcentagem de estacas enraizadas de guaranazeiro, e que o maior percentual foi obtido no tratamento controle (sem aplicação de AIB), independente da cultivar estudada (ALBERTINO, 2011). As doses de AIB não elevaram o percentual de enraizamento de estacas de guaranazeiro, mas incrementaram a qualidade do sistema radicular (PINTO, 2019).

Diante de inexistentes informações sobre o uso de ANA e 2,4-D no enraizamento de estacas dessa espécie e divergências quanto aos resultados da utilização de AIB, o objetivo deste estudo é testar os efeitos de diferentes reguladores de crescimento à base de auxina na promoção do enraizamento de genótipos de guaranazeiro.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência das soluções enraizadoras AIB, ANA e 2,4-D no enraizamento de estacas de 16 genótipos de guaranazeiro, em condições de viveiro.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a resposta das estacas dos genótipos de guaranazeiro submetidas ao uso de diferentes tipos de reguladores de crescimento testados;
- Comparar o efeito das soluções enraizadoras na propagação vegetativa por estaquia dos genótipos de guaranazeiro quanto ao enraizamento; e
- Avaliar se existe interação entre os fatores testados no experimento, em condições de viveiro.

3. HIPÓTESES

H0 – A adição dos reguladores de crescimento AIB, ANA e 2,4-D contribui para o enraizamento de estacas dos genótipos de guaranazeiro testados.

H1 – A adição dos reguladores de crescimento AIB, ANA e 2,4-D não contribui para o enraizamento de estacas dos genótipos de guaranazeiro testados.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)

4.1.1 Origem e distribuição geográfica

O guaranazeiro é uma planta nativa da região Amazônica, cujo nome provém do termo indígena "varana", que significa árvore que sobe apoiada em outra, com ocorrência no Brasil, Colômbia e Venezuela. No Amazonas é cultivado, principalmente, em Maués. Atualmente, encontra-se distribuído também pelos estados da Bahia, Pará e Mato Grosso, dentre outros.

O centro de origem é o município de Maués, onde a tribo Sateré-Mawé é a responsável pela domesticação no norte da região Amazônica entre os Rios Madeira e Tapajós, na fronteira dos estados do Amazonas e Pará (ATROCH, 2009), pois os indígenas traziam conhecimento de que o consumo de guaraná podia melhorar o desempenho de suas atividades diárias (PEREIRA, 1954).

Os indígenas Sateré-Mawé transformaram a trepadeira silvestre em arbusto cultivado, introduzindo seu plantio e beneficiamento, e cultivaram o seu "varana" extensivamente, incorporando a planta à sua mitologia e cultura (FIGUEROA, 2016; MONTEIRO, 1965; PEREIRA, 1954).

A *Paullinia cupana* foi descrita por Kunth (1821), a partir de um material coletado por Humboldt e Bonpland (1810), quando viajavam pelo sul da Venezuela, cuja procedência é conhecida apenas na área ao sul das cachoeiras Atures e Maipures, no rio Orenoco, e na região do alto rio Negro e seus afluentes, região das fronteiras entre Brasil, Venezuela e Colômbia (DUCKE, 1937).

Mais tarde, Martius (1826), viajando pelo rio Amazonas, coletou outro material botânico e o descreveu como *Paullinia sorbilis*, classificando uma nova espécie do estado do Amazonas, pois era cultivado e subespontâneo na região do município de Maués e Parintins, além de ser cultivado nas proximidades da cidade de Manaus (DUCKE, 1937).

Ducke (1937), observando a diferença morfológica entres os dois materiais vegetais coletados (plantas) complementou a descrição feita por Martius, tratando-a como uma variedade, denominada *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke, conhecida vulgarmente como guaraná de Maués ou do

Baixo Amazonas, que foi a variedade cuja produção e comercialização se difundiu por várias regiões brasileiras de clima favorável, no Pará, Acre, Bahia, Mato Grosso, dentre outros.

4.1.2 Importância social e econômica

O Brasil é o único produtor mundial de guaraná, em termos comerciais. O guaranazeiro é cultivado comercialmente nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Bahia e Mato Grosso, com 10.719 ha de área destinada à colheita, produção de 2.663 toneladas de semente seca, e com rendimento médio de 250 kg/ha, sendo que os maiores produtores são os estados da Bahia (5.846 ha e 263 kg/ha) e do Amazonas (4.382 ha e 197 kg/ha) (IBGE, 2017).

O mercado é promissor e gera em torno de R\$ 31,4 milhões/ano. A maior parte da produção total de guaraná do país é consumida pelo mercado interno (CONAB, 2017). Estima-se que, da oferta nacional de sementes de guaraná, cerca de 70% da produção seja absorvida pelos fabricantes de refrigerantes, enquanto os 30% restantes são comercializados em forma de xarope, bastão, pó e extrato para o consumo interno e para exportação (SEBRAE, 2016).

A produção de guaraná possui relevância no estado da Bahia, com 57,8% da produção nacional. Os guaranazais baianos produzem de 1 a 2 kg de sementes secas planta⁻¹, e no Amazonas 0,20 kg de sementes secas planta⁻¹. Porém, o preço de comercialização da semente de guaraná na Bahia é menor (R\$ 12,00 kg⁻¹) em relação ao Amazonas (R\$ 20,00 kg⁻¹) (CONAB, 2017).

As sementes de guaraná, seu principal produto e de alto valor comercial, dispõem de altos teores de substâncias como a teobromina (vasodilatadora), teofilina (broncodilatadora) e cafeína (2,5 a 5%), o que as tornam um importante insumo para as indústrias de refrigerantes, farmacêuticas, químicas e de cosméticos (EMBRAPA, 2011; SCHIMPL et al., 2013).

Na perspectiva social, o plantio realizado por produtores rurais tem gerado empregos, pois o cultivo da cultura requer grande quantidade de mão-de-obra, principalmente durante a colheita. No Amazonas, o plantio tem sido uma fonte de renda alternativa para alguns municípios do estado, pois é cultivado em 24 dos 62 municípios (ARRUDA et al., 2007), tanto por grandes, médios e, em

especial, pequenos produtores, com predominância em Presidente Figueiredo, Boa Vista do Ramos, Urucará, Parintins e Maués (ATROCH, 2009).

De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola- LSPA, através de pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas do ano civil, a produção de guaraná no Amazonas é de 854 toneladas, com um valor de R\$ 16,3 milhões, e rendimento médio de 197 kg/ha (IBGE, 2017). A baixa produtividade é justificada pelo pequeno plantio de mudas de clones selecionados e melhorados, idade avançada dos guaranazais, alta incidência de pragas e doenças e falta de tratamentos culturais adequados (SEBRAE, 2016).

O principal produtor do estado do Amazonas é o município de Maués, com uma produção de 392 toneladas de sementes secas e renda de R\$ 6,7 milhões anuais (IBGE, 2017), devido ao maior preço pago pelo produto nesse município. No século XX, o município de Maués foi o maior produtor de guaraná do Brasil, mas a produtividade declinou, ano após ano, até perder o posto para a Bahia, no final da década de 80, principalmente devido aos problemas fitossanitários e não adoção de novas tecnologias (ATROCH, 2009; ALBERTINO, 2011).

Atualmente, a produção de guaraná no Amazonas mostra sinais de recuperação, pois o programa de melhoramento genético conduzido pela Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amazônia Ocidental) vem avançando com pesquisas, disponibilizando materiais genéticos melhorados e de alta produtividade, com mudas resistentes a doenças e clones que produzem de 400 g a 1,5 kg de sementes secas por planta⁻¹, em projetos empresariais de cultivo com padrões agrícolas tecnificados, que estão sendo adotados pelos pequenos produtores de guaraná do Amazonas, principalmente em Maués e Urucará (ATROCH, 2009).

4.1.3 Classificação e descrição botânica

O guaranazeiro é uma planta perene adaptada ao clima tropical, quente e úmido, típico da região Amazônica, que possui uma rica história etnobotânica e etnofarmacêutica (FIGUEROA, 2016; SCHIMPL et al., 2013).

Segundo o sistema de classificação de Cronquist (1981), pertence à família Sapindaceae, composta por aproximadamente 140 gêneros e 1600 espécies arbóreas, arbustivas, lianas e algumas ervas (STEVENS, 2001), habitando principalmente regiões tropicais e subtropicais (Figura 1), e alguns gêneros ocorrem em regiões temperadas (JUDD et al., 2002).

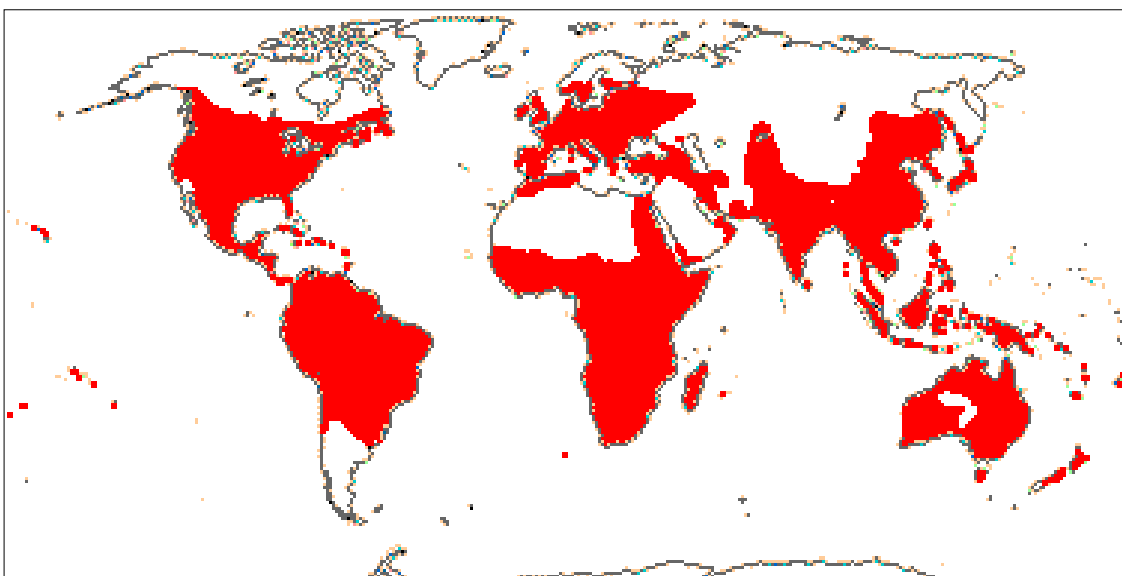


Figura 1. Distribuição geográfica das espécies da família Sapindaceae.
Fonte: MOBOT, 2019.

As espécies de Sapindaceae são de difícil identificação, sendo o fruto uma característica importante na definição de gêneros e espécies (BUERKI et al., 2009). O gênero *Paullinia*, que ocorre na América tropical e subtropical e uma única espécie na África tropical, *Paullinia pinata* L., possui aproximadamente 147 espécies, distribuídas em 13 seções, baseando-se principalmente nas características do fruto (RADLKOFER, 1931).

A espécie *Paullinia cupana* é classificada na seção *Pleurotoechus*, a qual apresenta 28 espécies, com distribuição desde o México até o estado do Rio de Janeiro, no Brasil, das quais nove ocorrem na Amazônia brasileira (RADLKOFER, 1931).

A classificação botânica da espécie *Paullinia cupana* var. *sorbilis* encontra-se na tabela 1.

Tabela 1. Classificação taxonômica da espécie *Paullinia cupana* var. *sorbilis*.

Nome completo	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Sapindales
Família	Sapindaceae
Gênero	<i>Paullinia</i>
Espécie	<i>Paullinia cupana</i>
Subespécies ou variedades	<i>sorbilis</i> e <i>typica</i>

Fonte: CRONQUIST, 1981.

A *P. cupana* variedade *typica* é o guaraná venezuelano, enquanto, a variedade *sorbilis* é o guaraná brasileiro, conhecido vulgarmente como guaraná de Maués ou do Baixo Amazonas, cuja produção e comercialização se expandiram por diversas regiões brasileiras de clima favorável, como Pará, Acre, Bahia, dentre outros (NASCIMENTO FILHO et al., 2001).

Segundo DUCKE (1937), a variedade *sorbilis* observada por Martius, é caracterizada botanicamente como arbusto ou trepadeira, de caule sulcado e lenhoso, com casca escura. Em cultivos isolados tem porte de arbusto, em forma de moita, crescendo no máximo dois ou três metros (Figura 2a) e em seu habitat natural, se apoia nas árvores da floresta, podendo atingir grande porte, de até 10 metros de altura (SEBRAE, 2016).

As folhas são verdes, compostas penta folioladas (Figura 2b), com folíolos menos profundamente lobados quando jovens e são providas de gavinhas quando adultas. A inflorescência é um cacho (Figura 2c), com tamanho variável, chegando a ultrapassar 25 cm, e ocorre na axila das folhas ou na base de uma gavinha.

As flores são pseudo-hermafroditas, pequenas e dispostas no eixo principal da inflorescência (Figura 2d), organizadas em fascículos de três a sete, e são funcionalmente unissexuais e polinizadas por insetos (SOUZA et al., 1996).

Os frutos são pequenos e se aglomeram em compridos cachos (Figura 2e). São cápsulas deiscentes, com coloração que vai desde o amarelo, amarelo-alaranjada, passando por vermelho-amarelada até vermelho-vivo e brilhante (DUCKE, 1937).



Figura 2. Características botânicas da variedade *sorbilis*. a) Hábito arbustivo; b) Folha pentafoliolada; c) Inflorescências; d) Flores pseudo-hermafroditas e e) Frutos maduros do guaranazeiro. Manaus, AM, 2019.
Fonte: LEMOS, 2019.

Quando o fruto maduro abre, deixa aparecer a semente de forma arredondada, obovada ou oblata de coloração castanho-escuro envolta parcialmente por um arilo branco e farináceo (Figura 2e), semelhante a “pequenos olhos”, com uma, duas, três ou mais sementes (CORREA, 1989). A

colheita é realizada nesse estágio, para que as cápsulas (casca) não se abram totalmente, evitando a queda das sementes (SEBRAE, 2016).

Além disso, as sementes de guaraná são constituídas por polissacarídeos, como amido, celulose, pectina, mucilagens, proteínas e óleo, além de teofilina, teobromina e saponinas (SIMÕES et al., 2003; HEARD et al., 2006).

4.1.4 Propagação do guaranazeiro

O guaranazeiro pode ser propagado de forma sexuada ou assexuada. Para a produção comercial, os produtores devem buscar sementes ou mudas (clones) selecionadas.

A produção de mudas de guaranazeiro pela utilização de sementes, ou via seminífera (reprodução sexuada), é dificultada devido às suas características de perder rapidamente a viabilidade, não suportando desidratação acentuada nem baixa temperatura, enquadrando-se no grupo de sementes recalcitrantes (CARVALHO et al., 1982).

A reprodução sexuada possui um maior período de tempo para início da produção e formação da muda (12 meses). Além disso, faz com que as características desejáveis sejam perdidas imediatamente, pois a constituição genética do guaranazeiro é altamente heterozigótica, ocasionando alta variabilidade nas características qualitativas e quantitativas, diversidade de tamanho, forma e coloração nas folhas, frutos e sementes, baixa produtividade (150 g de semente seca planta⁻¹), variações de resistência a doenças e baixo índice de sobrevivência no campo que traz sérios prejuízos à lavoura (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012), se forem propagadas por sementes, devido à segregação dos genes. Essas afirmativas são válidas para a propagação sexuada de materiais genéticos não melhorados.

A propagação vegetativa ou assexuada baseia-se na capacidade de formar outro indivíduo vegetal, completo e idêntico à planta matriz (FILGUEIRA, 2003), por que todas as células vegetais nucleadas possuem, em princípio, a capacidade de produzir um novo indivíduo, que é chamada de totipotencialidade (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Os especialistas na cultura recomendam que o guaranazeiro seja propagado por meio do enraizamento de estacas retiradas de ramos herbáceos, não

lignificados e com as folhas totalmente expandidas de plantas matrizes selecionadas e de alta produtividade (SEBRAE, 2016). A propagação vegetativa do guaranazeiro é justificada pela possibilidade de se obter plantas valiosas por meio de métodos artificiais, o que acarreta também numa das melhores formas de se preservar a biodiversidade através de métodos de conservação de germoplasma.

A muda obtida por clonagem (via estaquia) contém inúmeras vantagens, pois a partir de uma única planta matriz obtêm-se muitas mudas, além disso, permite a propagação de materiais propagativos melhorados com resistência e tolerância a doenças possuindo maior taxa de sobrevivência no campo. A técnica é rápida, com menor tempo para a formação da muda (7 meses), apresentando precocidade para o início da produção de sementes (2 anos após plantio definitivo), com rápida estabilidade da produção (3 anos) e a produtividade dessas plantas são altas, produzindo de 400 g a 1,5 kg sementes secas planta⁻¹ (ATROCH e NASCIMENTO FILHO, 2005).

A capacidade de cada espécie e ou cultivar de formar raízes adventícias, depende de interações entre diferentes fatores endógenos e exógenos, sendo os fatores endógenos: balanço hormonal, reserva nutricional da planta, idade da planta-mãe, presença de folhas, tipo de estaca, época do ano, dentre outros (SILVA et al., 2011) e fatores exógenos como temperatura, substrato, luz, umidade e condição do ramo antes da estaquia (FACHINELLO et al., 2005). O controle adequado destes aumentará a probabilidade da produção bem-sucedida de plantas a partir de estacas (HARTMANN et al., 2010).

4.1.4.1 Propagação via estaquia

Nos últimos anos, notou-se grande evolução das pesquisas visando à maximização do enraizamento de estacas de clones de guaranazeiro, com avanço considerável na técnica de propagação vegetativa via estaquia.

A estaquia é um método de propagação que consiste na retirada de segmentos da planta-mãe que, sob condições adequadas, emitem raízes, formando nova planta idêntica àquela que lhe deu origem (HARTMANN et al., 2002). Os segmentos a serem utilizados na forma de propagação por estaquia

podem ser de raiz, caule, folha, brotos, gemas, pedaços de meristemas e até pecíolos (GARNER e CHAUDHRI, 1976; LU et al., 2012).

A técnica de estaquia é muito vantajosa, pois permite em um curto espaço de tempo maximizar a produção de mudas, possibilitando que apenas uma única planta-matriz possa gerar vários indivíduos idênticos (clones), possuindo baixo custo e fácil execução, além de produzir uniformidade nos plantios e viabilizar uma seleção mais eficiente em relação à reprodução sexuada (FERRARI et al., 2004; FACHINELLO et al., 2005; NEVES et al., 2006).

A formação de raízes adventícias em uma estaca inicia-se após o corte na base da estaca, com uma reação histológica de cicatrização das células exteriores, formando uma placa necrosada, a qual é selada com um material de cortiça (suberina). Esta placa evita a dessecação e a entrada de patógenos na estaca (HARTMANN et al., 2002).

As células vivas que estão por detrás desta placa começam a se dividir, e uma camada de células do parênquima forma uma massa irregular chamada de “calo” (HARTMANN et al., 2002). Este tecido é pouco diferenciado, sendo originado do câmbio vascular, do córtex ou da medula, cuja formação representa o início do processo de regeneração (FACHINELLO et al., 2005).

A partir deste ponto, células que se tornam meristemáticas e começam a se dividir por mitose, estando presentes na vizinhança do câmbio vascular e floema, e dando início à formação das raízes adventícias. A formação de raízes adventícias dá-se em duas fases, sendo a primeira de iniciação, caracterizada pela divisão celular e, em seguida, vem a fase de diferenciação das células num primórdio radicular, que resulta no crescimento da raiz adventícia (FACHINELLO et al., 2005).

As plantas podem ser classificadas conforme sua capacidade de enraizamento (HARTMANN et al., 2002), em três grupos:

1. Plantas de fácil enraizamento: os tecidos vegetais possuem substâncias endógenas necessárias à iniciação radicular e não é necessária a aplicação de auxinas exógena para que as estacas formem raízes adventícias;

2. Plantas moderadamente fáceis de enraizamento: os tecidos vegetais possuem cofatores necessários, mas não possuem auxinas suficientes, sendo

necessária a aplicação de auxinas exógenas para que as estacas tenham sucesso na formação de raízes adventícias;

3. Plantas de difícil enraizamento: os tecidos vegetais não possuem um ou mais cofatores, independentemente da quantidade de auxinas endógenas, sendo assim, somente a aplicação de substâncias exógenas não é suficiente para o enraizamento das estacas.

Entre os principais fatores que afetam a propagação vegetativa pelo enraizamento de estacas estão aqueles relacionados com o genótipo, com as condições fisiológicas da planta fornecedora das estacas, com o tipo de estaca, com a nutrição mineral (vigor vegetativo da planta-matriz e “status” nutricional do material coletado), com o tratamento das estacas (armazenamento, aplicação de reguladores de crescimento, antioxidantes e co-fatores) e com a manipulação das condições ambientais, quanto à luminosidade, umidade, temperatura e substrato (GREENWOOD e HUTCHISON, 1993; HARTMANN et al., 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004).

4.1.5 Clones de guaranazeiro

No início da década de 1980, o programa de melhoramento genético de guaranazeiro conduzido pela Embrapa Amazônia Ocidental foi direcionado para clonagem, por meio de propagação via estaquia de plantas superiores provenientes de experimentos de avaliação de progênies e matrizes selecionadas em plantios comerciais nas áreas produtoras (NASCIMENTO FILHO et al., 2000; NASCIMENTO FILHO et al., 2001).

Com o domínio da técnica da clonagem, o programa de melhoramento da espécie apresentou grande avanço, fato que permitiu a geração de diversos clones, os quais foram avaliados em vários locais no Estado do Amazonas, no período de 1985 a 1994 (NASCIMENTO FILHO et al., 2000). Os experimentos foram instalados com genótipos diferentes de um ano para outro e com algumas testemunhas comuns (NASCIMENTO FILHO et al., 2001).

Os genótipos de guaranazeiro avaliados na pesquisa são coleções clonais da série 1000 (CMU1002, CMU1004, CMU1005, CMU1006, CMU1008, CMU1009, CMU1010, CMU1012, CMU1013, CMU1014, CMU1015, CMU1016, CMU1017, CMU1018, CMU1020 e CMU1022) e a cultivar BRS Maués

(testemunha) (Figura 3), instalados na localidade Guaraná II – Bloco 106, no campo experimental da Fazenda Jayoro, no município de Presidente Figueiredo-AM, em uma área de 0,40 ha, desde junho de 2013 (ANEXO 1).



Figura 3. Cultivar BRS Maués no campo experimental da Fazenda Jayoro. Presidente Figueiredo, AM, 2019.

Fonte: LEMOS, 2019.

A cultivar BRS Maués é recomendada para o Estado do Amazonas. Possui ramos longos, tolerância à antracnose (doença causada pelo fungo *Colletotrichum guaranicola*) e ao superbrotamento (doença causada pelo fungo *Fusarium decemcellulare*). Sua produtividade é alta, com média de 1,55 kg de sementes secas por planta/ano, com alto teor de cafeína (4,04%) (NASCIMENTO FILHO et al., 1999).

Os clones da série 1000 testados no experimento estão em fase de estudo, e não existem informações quanto ao potencial de enraizamento via estaquia. Desse modo, uma forma viável de se atuar na biologia reprodutiva, seria estudar a propagação, que é a primeira etapa no desenvolvimento da tecnologia de cultivo, pois este exige a determinação do método de propagação que produzirá maior eficiência na condução do plantio.

Os genótipos de guaranzeiro são classificados em três grupos, em relação ao potencial de enraizamento de estacas: a) fácil enraizamento (acima de 80%);

b) enraizamento intermediário (em torno de 50%); e c) baixo enraizamento (13% a 30%) (ATROCH et al., 2007).

4.2 Utilização de soluções enraizadoras

Os hormônios vegetais são substâncias orgânicas que são sintetizadas naturalmente nas diferentes estruturas dos vegetais em proporções pequenas, sendo transportadas dos locais de síntese até o local de atuação, causando respostas fisiológicas nestes vegetais (FRONZA e HAMANN, 2015).

Segundo Vieira et al. (2010), além de influenciar processos fisiológicos como germinação, crescimento e desenvolvimento, florescimento, frutificação, senescência e abscisão, os hormônios vegetais podem causar modificações morfológicas nas plantas.

Os reguladores de crescimento são substâncias sintéticas, não produzidas pelas plantas, e que aplicadas exogenamente, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais endógenos (VIEIRA et al., 2010), ou seja, quando presente nos tecidos vegetais ou aplicado em baixas concentrações resulta na mudança do crescimento e desenvolvimento da planta (GIANFAGNA, 1987).

Para fins de estudos e pesquisas, dentre os hormônios vegetais mais conhecidos e de interesse na propagação vegetativa de plantas, destacam-se as auxinas, citocininas e as giberelinas (FRONZA e HAMANN, 2015).

A utilização desses compostos na forma sintética é indicada com o objetivo de acelerar a formação de raízes, aumentar o percentual de enraizamento das estacas, promover a melhoria da qualidade das raízes e aumentar a uniformidade no viveiro (FRONZA e HAMANN, 2015).

As auxinas destacam-se como as principais substâncias indutoras do enraizamento adventício em espécies lenhosas, pois estimulam a síntese de etileno, o que parece tornar os tecidos formadores de raízes mais sensíveis à auxina (VISSER et al., 1996), favorecendo a emissão de raízes nas estacas, principalmente para espécies de difícil enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

A aplicação de auxinas pode promover ou inibir a iniciação de raízes adventícias, dependendo da espécie, do clone, do estado de maturação, do tipo de material e da época do ano, entre outros fatores (HARTMANN et al., 2011).

As principais auxinas empregadas na propagação de plantas são a auxina natural AIA (ácido indolacético) e as auxinas sintéticas AIB (ácido indolbutírico), ANA (ácido naftalenacético) e o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (FRONZA e HAMANN, 2015).

O ácido indolacético (AIA) é a auxina natural mais encontrada nas plantas, tanto na forma livre como conjugada. Contudo, a partir de sua descoberta, foram feitos testes com os análogos, assim como o ácido indolbutírico (AIB) e ácido naftalenoacético (ANA), que comprovaram um grande efeito na promoção do enraizamento (LEOPOLD e KRIEDEMANN, 1975).

O ácido indolbutírico (AIB) é a auxina sintética preferida para o tratamento hormonal de estacas, sendo mais efetiva para o enraizamento de um grande número de plantas, pois possui a capacidade de promover a formação de primórdios radiculares e é estável por um maior período (FRONZA e HAMANN, 2015).

O tratamento de estacas de guaranazeiro com AIB é um método de enraizamento utilizado para os diversos clones, porém, pesquisas demonstraram que os clones se comportaram da mesma forma, quanto ao enraizamento, independentemente do nível de AIB utilizado, e também que o aumento das doses de AIB inibe o enraizamento de estacas de guaranazeiro (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO, 2011).

O ácido naftalenoacético (ANA) compõe o grupo de auxinas sintéticas que apresentam considerável importância agrícola, sendo utilizado em diversas técnicas para enraizamento de plantas, possuindo importante papel em protocolos de cultivo *in vitro* (MERCIER, 2012). WEAVER (1982) ressalta, que embora o ANA possa induzir a formação de raízes, em algumas espécies, por vezes até melhor que o AIB, pode também provocar efeitos indesejáveis por ser mais tóxico aos tecidos vegetais.

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) é um dos reguladores de crescimento que apresenta atividade análoga às auxinas na promoção do enraizamento lateral e inibição do estiramento radicular (WOODWARD e BARTEL, 2005; SIMON e PETRASEK, 2011).

Segundo Oliveira Junior et al. (2011), o 2,4-D apresenta alta atividade de enraizamento, pois em doses muito menores pode estimular o desenvolvimento vegetal. Entretanto, o produto é registrado comercialmente como herbicida (MAPA, 2013), e em altas concentrações, apresenta toxicidade para as estacas, induzindo a formação de raízes grossas e atrofiadas.

O uso dos reguladores de crescimento tornou-se importante para estacas de difícil enraizamento. O 2,4-D foi utilizado com sucesso para o enraizamento de estacas de erva-de-São-João (*Hypericum perforatum*) (LU et al., 2008) e em estacas de atemoieira (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.) em imersão rápida (FERREIRA e FERRARI, 2010), porém, em videira (*Vitis* spp.) não promoveu a formação de raízes adventícias, com resultados inferiores ao AIB (TOFANELLI et al., 2014). O uso de ANA promoveu enraizamento de estacas de jambo rosa (*Syzygium javanica* L.) (PAUL e CHAUDHURI, 2009) e azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) (MAUAD et al., 2004), porém em tratamento rápido com atemoia cv. Gefner apresentou as menores médias de enraizamento, diferindo de AIB e 2,4-D.

Logo, estudos concernentes ao enraizamento de estacas tratadas com ANA e 2,4-D divergem em resultados para outras espécies. Já, para guaranazeiro são inexistentes, necessitando de pesquisas em clones com potencial produtivo de modo a desenvolver tecnologias que permitam a propagação comercial da espécie.

A adição de determinadas auxinas sintéticas pode aumentar sensivelmente o enraizamento em plantas de propagação vegetativa. De acordo com o trabalho de Fronza e Hamann (2015), o aumento de auxina exógena, aplicada em estacas, provoca um efeito estimulador no enraizamento até um valor máximo, porém, qualquer acréscimo de auxina excessivo na concentração tem efeito inibitório.

A resposta das estacas à aplicação de auxina exógena, para a estimulação do enraizamento, depende das espécies vegetais e da concentração da substância presente na estaca (TAIZ e ZEIGER, 2004), e a composição (tipo) das auxinas sintéticas é importante nesse processo (HARTMANN et al., 2010). Outros fatores importantes nesse contexto são a cultivar das espécies vegetais, a concentração da solução de auxina, a duração do tratamento e o

método de aplicação (CAMPAGNOLO e PIO, 2012; PEÑA et al., 2012; VIGNOLO et al., 2012).

As auxinas sintéticas são empregadas de diferentes formas e quantidades nas estacas caulinares, principalmente por meio de imersão em solução concentrada, ou imersão em pó, cujo concentrado é misturado com talco inerte favorecendo a sua distribuição (XAVIER et al., 2013).

Tentativas têm sido feitas no intuito de melhorar o enraizamento de estacas de guaranazeiro, através do uso de substâncias hormonais sintéticas, porém, com os resultados apresentados, fica evidente que o uso de soluções enraizadoras em estacas de guaranazeiro ainda necessita ser muito explorado por parte da pesquisa, principalmente, em relação ao efeito dos respectivos compostos em cada um dos clones utilizados.

4.3 Viveiros para produção de mudas

O viveiro é o local onde as mudas são produzidas, postas de forma regular, até atingirem um tamanho mínimo para comercialização ou tamanho suficiente para serem levadas ao local definitivo, para plantio. Preferencialmente, o viveiro deve ser instalado em uma área distante no mínimo 200 metros de cultivos comerciais da espécie que será propagada (FRONZA e HAMANN, 2015).

Com o objetivo de estabelecer padrões mínimos estruturais e medidas fitossanitárias que promovam a obtenção de mudas de qualidade, é extremamente importante conhecer os tipos de viveiros, planejá-los de forma adequada às espécies propagadas, recursos e mão de obra disponível, atendendo às exigências legais existentes para esta atividade (FRONZA e HAMANN, 2015).

Os viveiros podem ser classificados de acordo com o tempo de uso ou duração, por exemplo. Dessa forma, é possível classificá-los em:

a) Viveiros permanentes – são aqueles cujas instalações são maiores e melhor planejadas, permitindo a produção contínua de mudas. Geralmente ocupa um terreno grande, fornecem mudas para uma ampla região, possui instalações permanentes especializadas e definitivas, assim como equipamentos, procedimentos e mão de obra também especializada (EMBRAPA, 2016).

b) Viveiros temporários – destinam-se à produção de mudas em um determinado período, próximo ao local de plantio, utilizando-se de materiais rústicos. É um viveiro onde as mudas são produzidas para uma determinada área e por um período limitado (EMBRAPA, 2016).

O viveiro utilizado para a produção de mudas de guaranazeiro é o permanente e deve ser construído em local próximo a uma fonte de água, em terreno plano, com uma leve inclinação, facilitando a drenagem e evitando o encharcamento (EMBRAPA, 2005).

O material utilizado para sua construção pode ser com madeira de lei ou tratada, estacas de concreto ou pilares feitos com tubos de PVC preenchidos com concreto, com no mínimo 3,0 m de comprimento, sendo 2,2 m de altura depois de enterrados. Na parte superior, arame ovalado de aço zincado com bitola de 2,4 x 3,0 mm, em linhas verticais é fincado, para alicerçarem o sombrite, cobrindo a estrutura, com 70% de sombreamento em cima e nas laterais 40% a 50% de sombra (EMBRAPA, 2005).

A tela de sombreamento é o material utilizado para diminuir a incidência da radiação solar sobre as mudas, reduzem os efeitos danosos dos ventos fortes e impedem a entrada de animais. É indicado plantar espécies arbustivas da região, funcionando como quebra-vento natural (EMBRAPA, 2005).

A irrigação por nebulização intermitente utilizados em viveiros é a que proporciona melhores resultados na propagação vegetativa do guaranazeiro. Esse sistema consiste em um dispositivo de admissão de água acoplado a um dispositivo disparador (tanque rompe-carga e balança de evaporação), que proporciona umidade necessária para o bom desempenho do enraizamento das estacas, promovendo uma proteção eficiente da superfície foliar dos meios folíolos, através de uma fina camada de água distribuída de maneira uniforme e em sincronia com a taxa de transpiração que esteja ocorrendo durante o dia.

Os sacos com o substrato são dispostos entre as linhas dos tubos de nebulização para evitar o gotejamento dos nebulizadores sobre as mudas (EMBRAPA, 2005).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local de condução do experimento

O experimento foi realizado na Embrapa Amazônia Ocidental, localizado no Km 29 da Rodovia AM-010, no município de Manaus-AM, situada a 02° 53' 25"S e 59° 58' 06" W (SCARAZATTI e ANTONIO, 2016). A altitude média é de 50 metros e temperatura média anual de 25,6 °C, com precipitação média de 2.200 mm anual.

O clima é do tipo "Af- clima tropical úmido ou clima equatorial", segundo classificação de Köppen-Geiger (RIBEIRO, 1976). O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2019, no viveiro de produção de mudas do Campo Experimental da Embrapa, com telado "sombrite" com capacidade de interceptação da luz reduzida de 70% e irrigação por via nebulização intermitente.

Os canteiros do viveiro contém inclinação de 10%, com uma camada de pedra de 10 cm de espessura, para facilitar a drenagem e evitar o encharcamento.

5.2 Local de coleta do material propagativo

As estacas clonais de guaranazeiros foram coletadas de ramos herbáceos lançados no ano, em junho de 2019, de plantas matrizes cultivadas no campo experimental da Fazenda Jayoro, localizada na BR 174, Km 120, no município de Presidente Figueiredo-AM.

O plantio das matrizes se trata de uma avaliação de clones de guaranazeiro da série 1000, instalado na localidade Guaraná II – Bloco 106, em local plano e a pleno sol, em uma área de 0,40 ha, desde junho de 2013. A avaliação é constituída por 16 clones e 4 cultivares (BRS Amazonas, BRS Andirá, BRS Luzéia e BRS Maués) de guaranazeiro, totalizando 20 tratamentos, em delineamento de blocos ao acaso, com 3 repetições, onde cada parcela total é constituída por 3 plantas, totalizando 180 plantas matrizes, com espaçamento de 5 m x 5 m (ANEXO 1).

5.3 Obtenção e preparo do substrato

O substrato utilizado no experimento foi composto por terriço + areia, na proporção de 4:1, ambos coletados sob floresta (horizonte A, camada superficial de 0-20 cm).

Para análise química e granulométrica dos substratos (EMBRAPA, 2009), amostras (500 g) de terriço e de areia foram coletadas e levadas para o Laboratório de Análise de Solos e Plantas (LASP) da Embrapa Amazônia Ocidental, para a determinação da granulometria e dos teores de macro e micronutrientes, pH e matéria orgânica dos substratos (Tabela 2).

Tabela 2. Valores analíticos do pH, matéria orgânica, macro e micronutrientes dos substratos areia e terriço utilizados no experimento. Manaus, AM, 2019.

Substratos	pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Zn	Mn	Cu
	H ₂ O	g/Kg		mg/dm ³		cmol _c /dm ³				mg/dm ³		
Areia	4,16	14,07	0,10	4	3	0,03	0,07	1,89	218	0,35	0,18	0,02
Terriço	3,88	76,90	1,25	7	31	1,16	0,19	1,78	264	4,32	4,05	1,26

Tabela 3. Valores granulométricos da areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila dos substratos areia e terriço utilizados no experimento. Manaus, AM, 2019.

Substratos	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	Classificação textural do solo
	2,00-0,20 mm	0,20-0,05 mm	2,00-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm	
Areia	760,24	126,96	887,20	20,80	92,00	Areia Franca
Terriço	149,25	34,36	183,60	109,90	706,50	Muito Argiloso

Em 1 metro cúbico da mistura do substrato, foi adicionado 3 kg de superfosfato simples. Após o preenchimento dos sacos, uma fina camada de areia (1 a 2 cm de espessura) foi adicionada sobre o substrato para evitar a formação de crostas superficiais e a incidência de plantas invasoras (EMBRAPA, 2005).

5.4 Preparo das soluções enraizadoras

O preparo das soluções de ácido indolbutírico (AIB), ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D) e ácido naftalenoacético (ANA) foi realizado no

Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas, Campus Universitário, Manaus, AM.

As concentrações foram preparadas pela diluição do produto em pó com NaOH 0,5 N e em seguida a adição de água destilada até atingir um volume final de 1 L. Para o tratamento com 0 mg L⁻¹, as estacas foram submersas somente em água destilada.

Em seguida, as soluções foram armazenadas em frascos de vidro e transportadas para o Viveiro do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, onde foi montado o experimento.

5.5 Obtenção e preparo das estacas

A obtenção dos ramos foi feita nas primeiras horas da manhã (de 5:00 às 8:00 horas), quando as plantas estão com maior potencial hídrico, com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar, de modo a evitar a excessiva perda de água do material vegetal. Foram coletados ramos herbáceos de matrizes vigorosas, sem sintomas de doenças ou deficiências nutricionais, nem ataques de pragas, lançados no ano da coleta.

Após o corte, os ramos foram umedecidos com jato aerossol de água, amarrados em feixes devidamente identificados, sendo umedecidos a cada 20 minutos até o viveiro, onde as estacas foram confeccionadas (EMBRAPA, 2005).

Na confecção do material propagativo, as estacas foram padronizadas com uma gema, mantendo-se um par de meio folíolos, para permitir o fornecimento de fotoassimilados para a base da estaca e ao mesmo tempo evitar a excessiva transpiração. As estacas foram preparadas no comprimento aproximado de 15 a 20 cm, com cortes em bisel, em ambas as extremidades (superior e inferior), deixando de 3 a 4 cm acima da gema para prevenir o ressecamento e evitar lesões.

5.6 Imersão em soluções enraizadoras, Plantio e Tratos culturais

Após a confecção do material propagativo, 3 cm da parte basal das estacas foram submergidas em soluções enraizadoras (ácido indolbutírico (AIB), na dose 2.000 mg L⁻¹, ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D), na dose 2.000 mg L⁻¹, ácido naftalenoacético (ANA), na dose 2.000 mg L⁻¹ e testemunha, na dose 0 mg L⁻¹), por 10 segundos nos diferentes tratamentos, conforme o descrito por Silva et al.

(2009) para estacas de camu-camu (Myrtaceae). As estacas foram plantadas em sacos de polietileno, com dimensões de 23 cm de altura, 18 cm de largura e 0,15 mm de espessura, contendo 3 kg de substrato.

Para o enraizamento, as estacas foram mantidas em viveiro por 90 dias, à temperatura ambiente, com irradiância reduzida a 70% e irrigação por via nebulização intermitente (EMBRAPA, 2005). Ao decorrer do experimento foi feita a limpeza e o controle manual de plantas invasoras no substrato (EMBRAPA, 2005), e também o registro da temperatura e da umidade com o auxílio de um termo-higrômetro digital.

5.7 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados com 64 tratamentos montados em esquema fatorial 16 X 3 + 16, correspondentes a estacas de 15 clones e uma cultivar de guaranazeiro (BRS-Maués (testemunha), CMU1002, CMU1004, CMU1005, CMU1006, CMU1008, CMU1009, CMU1010, CMU1012, CMU1013, CMU1014, CMU1015, CMU1016, CMU1017, CMU1018 e CMU1022), tratado com os três reguladores de crescimento (auxinas) como ácido indolbutírico (AIB), na dose 2.000 mg L⁻¹, ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D), na dose 2.000 mg L⁻¹, e ácido naftalenoacético (ANA), dose 2.000 mg L⁻¹ das soluções enraizadoras nas estacas, mais 16 tratamentos adicionais nas doses 0 mg L⁻¹, com duas repetições, sendo 10 estacas herbáceas por unidade experimental (ANEXO 2).

5.8 Avaliação experimental

Após o período de 90 dias no viveiro, as estacas foram retiradas do substrato com cuidado por agitação manual e as raízes foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira de 4 mm de abertura para evitar perdas de raízes.

Em seguida, as estacas foram colocadas separadas em bandejas de plástico, devidamente identificadas de acordo com cada tratamento, e transportadas para o Laboratório de Recursos Genéticos da Embrapa Amazônia Ocidental, onde foi coletado o sistema radicular intacto para anotação das seguintes características:

- **Enraizamento (%)** – foram consideradas estacas enraizadas apenas aquelas que emitiram ao menos uma raiz adventícia;

- **Calos (%)** – foram consideradas estacas com calos apenas as estacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base e sem raízes;
- **Mortas (%)** - foram consideradas estacas mortas aquelas que apresentaram tecidos necrosados;
- **Número de raízes** – foi obtido pela soma da quantidade de raízes adventícias formadas;
- **Comprimento de raízes (cm)** – foi medido do colo da planta até o termino da raiz mais longa;
- **Volume das raízes (ml)** - foi medido pelo deslocamento de água provocado pela introdução das raízes em uma proveta graduada;
- **Massa fresca de raízes (g)** - foi obtida pela pesagem das raízes, após a coleta do sistema radicular;
- **Massa seca de raízes (g)** - foi obtida pela pesagem das raízes, após a secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até alcançarem massa constante, durante 72 horas.

O comprimento de raízes foi medido com auxílio de uma régua milimetrada ($\pm 0,05$ mm). A massa fresca e a massa seca de raízes foram mensuradas com auxílio de uma balança digital de precisão Shimadzu® ($\pm 0,005$ g).

5.9 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, para os diferentes genótipos, reguladores de crescimento e interação entre os fatores, e para as variáveis significativas foi realizado o teste Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

Efetuaram-se as transformações de dados em $\sqrt{x + 0,5}$ para as variáveis oriundas da porcentagem de estacas enraizadas, estacas com calos e estacas mortas. O software utilizado nas análises estatísticas foi o programa computacional GENES (CRUZ, 2016).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados para o efeito entre reguladores de crescimento

Nas tabelas 4 e 5, estão apresentados os resultados da análise de variância das variáveis obtidas no processo de estaquia de *P. cupana* var. *sorbilis* provenientes das combinações do uso de três diferentes reguladores de crescimento e 16 genótipos de guaranazeiro, mais testemunha adicional (sem reguladores de crescimento).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em função de diferentes genótipos, com e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		EE	EC	EM
Blocos	1	1,938 ^{ns}	3,266 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Reguladores (R)	2	41,101 ^{**}	3,492 ^{ns}	18,789 ^{**}
Genótipos (G)	15	23,001 ^{**}	8,997 ^{**}	15,411 ^{**}
Interação (R x G)	30	2,976 ^{ns}	1,552 ^{ns}	2,162 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,004 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,117 ^{ns}
Resíduo	48	2,765	2,715	1,320
Média Fatorial		5,42	2,06	7,32
Média Adicional		5,46	2,07	7,08
C.V. (%)		36,92	97,22	27,32

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

O fator reguladores, isolado, foi não significativo para o percentual de estacas com calos (EC). Mas apresentou diferença significativa para o percentual de estacas enraizadas (EE) e percentual de estacas mortas (EM), ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Enquanto, para o fator genótipos as médias apresentaram efeito significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste F para as três características avaliadas (EE, EC e EM) (Tabela 4).

Não houve efeito significativo para a interação entre reguladores e genótipos para as três variáveis em análise. O contraste entre os fatores e a

testemunha adicional foi não significativo pelo Teste F para as variáveis estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) (Tabela 4).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos, com e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		NR	CMR	VR	MFR	MSR
Blocos	1	0,642 ^{ns}	193,679*	3,972*	8,470**	0,209**
Reguladores (R)	2	6,173 ^{ns}	128,003 ^{ns}	3,305*	4,076**	0,093*
Genótipos (G)	15	11,503**	207,156**	4,664**	4,612**	0,124**
Interação (R x G)	30	5,535 ^{ns}	36,250 ^{ns}	1,748**	1,651**	0,043**
Fatorial vs Adicional	1	0,872 ^{ns}	3,054 ^{ns}	0,154 ^{ns}	0,136 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Resíduo	48	3,647	41,581	0,744	0,643	0,019
Média Fatorial		3,60	14,06	1,97	1,88	0,29
Média Adicional		2,94	12,82	1,69	1,62	0,32
C.V. (%)		62,31	18,85	88,37	92,22	536,99

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

O fator genótipos foi significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F para todas as características de qualidade do sistema radicular, número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR). Por outro lado, com exceção do número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR), todas as variáveis foram influenciadas significativamente pelos diferentes reguladores (Tabela 5).

Houve diferença estatística na interação entre os fatores pelo Teste F somente para as características volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR). Para as demais variáveis avaliadas não houve efeito de interação entre os fatores (Tabela 5).

Nenhuma das variáveis observadas apresentou efeito significativo para o contraste fatorial versus testemunha adicional. Isso significa que as médias do fatorial reguladores x genótipos não foram diferentes das médias da não aplicação de reguladores (tratamento adicional) (Tabela 5).

Tabela 6. Médias originais da percentagem de estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em resposta aos três diferentes reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Reguladores	Médias*		
	EE (%)	EC (%)	EM (%)
AIB	38,4 a	6,3 a	55,3 b
ANA	46,6 a	5,6 a	47,8 b
2,4-D	21,9 b	9,4 a	68,7 a

*Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 6, observa-se que pelas médias do percentual de enraizamento (EE) das estacas de *P. cupana* var. *sorbilis*, os reguladores de crescimento AIB e ANA apresentaram comportamentos estatisticamente iguais em relação às características estudadas, pois não houve significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo ambos superiores ao 2,4-D.

A média de estacas enraizadas (EE) foi de 46,6% para o regulador ANA, não diferindo estatisticamente do AIB, sendo aproximadamente 25% maior em relação ao regulador que obteve menor valor, que foi o 2,4-D, com 21,9% (Tabela 6).

Para a porcentagem de estacas com calos (EC) não houve significância pelo teste de Tukey a 5% para os diferentes reguladores (Tabela 6), mesmo com o resultado de 9,4% para 2,4-D, quando comparado com os reguladores AIB e ANA que obtiveram menores valores, com 6,3 e 5,6%, respectivamente.

Porém, ao analisarmos as porcentagens de estacas mortas (EM), diferença estatística foi encontrada para o 2,4-D, que apresentou a maior mortalidade das estacas, com 68,7% (Tabela 6).

A mortalidade média foi influenciada pelo regulador 2,4-D, que na concentração utilizada para todos os reguladores testados (2.000 mg L⁻¹), demonstrou maior toxicidade para as estacas, com a presença de tecidos

vegetais necrosados, enquanto os reguladores AIB e ANA atuaram para que os processos metabólicos resultassem na formação de raízes adventícias.

Os resultados concordam com os obtidos para outras espécies. Silva et al. (2012), trabalhando com *Melaleuca alternifolia*, verificaram que o uso de AIB e ANA na concentração de 2.000 mg L⁻¹, por 10 segundos, não diferiram estatisticamente, obtendo média de 49,3% de estacas enraizadas, não comprometendo a sobrevivência das estacas para a espécie.

Em estudo com porta-enxertos de videira, as médias das concentrações (0, 1.000, 2.000 e 3.000 mg L⁻¹) do 2,4-D (51,1%) não foram superiores as médias do AIB (84,2%) no processo de enraizamento das estacas, e estacas tratadas com 2,4-D apresentaram as maiores mortalidades, com 47,2%, em relação aos 15,6% de AIB (TOFANELLI et al., 2014).

Em contrapartida, em pesquisas com atemoieira cv. 'Gefner' utilizando AIB, ANA e 2,4-D, em imersão rápida, verificou-se que estacas tratadas com AIB e 2,4-D, obtiveram um enraizamento médio de 91% independente da concentração, diferindo de ANA. Por outro lado, o tratamento com 2,4-D, nas concentrações de 2.000 e 4.000 mg L⁻¹, promoveu menores porcentagens de calos, diferentemente de AIB e ANA, com as maiores médias para estacas calejadas (FERREIRA e FERRARI, 2010).

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético apresenta resposta hormética na promoção de raízes, porém, mediante aos resultados obtidos neste trabalho, fazem-se necessários estudos específicos de doses/resposta que possam promover bons resultados de enraizamento de estacas de guaranazeiro, uma vez que resultados inferiores ao AIB e ANA foram observados na concentração de 2.000 mg L⁻¹.

O louro-pardo (*Cordia trichotoma*), em tratamento rápido (10 s) com soluções concentradas de AIB e ANA, apresentou baixa taxa de enraizamento de estacas, sendo que o AIB na concentração de 8.000 mg L⁻¹ promoveu o melhor enraizamento (28,9%), entretanto, o AIB e ANA na dosagem de 8.000 mg L⁻¹ resultaram no aumento da mortalidade das estacas, gerando perdas de 32,3% (FAGANELLO et al., 2015).

A aplicação de auxina exógena pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento nas estacas, haja vista que essas

substâncias possuem efeito estimulador de raízes até um valor máximo, a partir do qual, qualquer acréscimo passa a ter efeito tóxico (PINTO, 2019).

Por sua vez, Pimenta et al. (2007) trataram estacas de seis espécies de *Lippia* com AIB, ANA e 2,4-D, e descobriram que o 2,4-D não promoveu a emissão de raízes adventícias e que 100% das estacas tratadas morreram, o que foi atribuído a sua ação fisiológica que, mesmo em baixas concentrações, pode estimular a biossíntese de etileno que contribui para as anomalias de crescimento e senescência em vários tecidos, intensificando efeitos, como abscisão das folhas e epinastia e, conseqüentemente, a morte das plantas (GROSSMANN, 2010; NAPIER, 2017).

Além disso, o 2,4-D, em baixa concentração, pode prejudicar funções vitais das estacas, estimulando a ação da enzima RNA-polimerase, resultando na síntese de ácidos nucléicos e proteínas, que podem induzir a divisão e alongamento celular desordenado nos tecidos, ativando seu metabolismo e provocando a morte das estacas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011).

O tratamento de estacas com AIB na concentração de 2.000 mg L⁻¹ é o método de propagação vegetativo utilizado para produção de mudas de guaranazeiro (EMBRAPA, 2005). Entretanto, pesquisas referentes ao enraizamento de estacas tratadas com ANA e 2,4-D são inexistentes para guaranazeiro.

Os resultados obtidos Correa et al. (1983), verificaram que a utilização de AIB nas concentrações de 2.000, 4.000 e 6.000 mg kg⁻¹, proporcionou o enraizamento de estacas herbáceas de guaranazeiro, onde estacas com uma gema, obtiveram 100, 87 e 90% de enraizamento, e estacas padronizadas com duas gemas 93, 80 e 87% de estacas enraizadas, respectivamente.

Garcia et al. (1999), demonstraram que aplicação de AIB, tanto via seca, na dosagem de 6.000 mg kg⁻¹, como na forma líquida, na concentração de 4.000 mg L⁻¹, promovem o enraizamento das estacas de guaranazeiro. Arruda et al. (2007), utilizando o AIB na concentração de 2.000 mg L⁻¹, verificaram que a maior média de enraizamento de guaranazeiro foi de 88,1%, independente do substrato utilizado.

Por outro lado, Pinto (2019), obteve o maior percentual de raízes adventícias na concentração de 4.000 mg kg⁻¹ de AIB, com 75,0%, mas, a

pesquisa também concordou que a aplicação da maior dose de AIB na base das estacas de guaranazeiro influenciou na mortalidade das mesmas.

De maneira geral, o uso de auxinas na rizogênese por si só não é totalmente eficaz à formação de raízes adventícias, que está associada a diversos fatores que podem variar com a espécie, tipos de estaca, época de obtenção das estacas, concentração e tempo de tratamento, entre outros (SILVA et al., 2011; PEREIRA, 2003).

Uma vez que além dos hormônios, a presença de carboidratos, compostos nitrogenados, aminoácidos e vitaminas são necessárias, pois, em concentrações adequadas, se acumulam na base da estaca, contribuindo com a emissão de raízes adventícias (LIMA et al., 2011).

Tabela 7. Número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em resposta aos três diferentes reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Reguladores	Médias*				
	NR	CMR (cm)	VR (mL)	MFR (g)	MSR (g)
AIB	4,03 a	15,30 a	2,22 a	2,20 a	0,36 a
ANA	3,62 a	15,13 a	2,08 ab	1,96 ab	0,35 ab
2,4-D	3,16 a	11,76 a	1,60 b	1,50 b	0,26 b

*Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O resultado da análise de variância mostrou que para o número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) não houve diferença estatística para os diferentes reguladores de crescimento (Tabela 5). Para as características volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR), os melhores resultados de médias foram encontrados em estacas tratadas com AIB, demonstrando que existe diferença significativa somente em relação ao tratamento com 2,4-D, para essas variáveis (Tabela 7).

O grupo de hormônios vegetais utilizado com maior frequência é o das auxinas, que são essenciais no processo de enraizamento, por serem reguladores centrais na indução, formação e desenvolvimento das raízes (SAINI et al., 2013), e com isso, melhoria do sistema radicular.

Na qualidade do sistema radicular, resultados similares foram obtidos por Silva (2008) trabalhando com três espécies do gênero *Annona*, que observou que a aplicação de AIB e ANA aumentaram o número e o comprimento das raízes, apresentando resultados superiores às testemunhas (0 mg kg⁻¹), sendo o AIB melhor que ANA em algumas espécies.

Silva et al. (2019), utilizando as auxinas AIB e ANA nas concentrações de 0, 1.000, 3.000, 5.000 e 7.000 mg L⁻¹, por 5 segundos, em estacas de jaboticabeira, observaram que os melhores resultados para número e comprimento de raízes foram obtidos nas concentrações de 5.000 e 7.000 mg L⁻¹, com resultados médios superiores aos demais tratamentos.

Em contrapartida, em testes com estacas de louro-pardo, por imersão rápida (10 s), o AIB resultou em raízes de maior comprimento (3,7 cm) em comparação ao ANA que apresentou 1,2 cm de comprimento de raiz, e o AIB na concentração de 8.000 mg L⁻¹ promoveu o maior número de raízes, com média de 4,0 raízes por miniestaca (FAGANELLO et al., 2015). Em estudo com 2,4-D como alternativa ao AIB em porta-enxertos de videira, Tofanelli et al. (2014), mostraram efeitos prejudiciais do 2,4-D nas concentrações 1.000, 2.000 e 3.000 mg L⁻¹, para o número e comprimento médio de raízes, diferentemente do AIB que foi superior.

Silva et al. (2012), trabalhando com enraizamento de *Melaleuca alternifolia*, demonstraram que o AIB nas concentrações 1.000, 2.000 e 4.000 mg L⁻¹, foi superior em relação as estacas tratadas com ANA, obtendo média de 0,36 mL de volume radicial, enquanto o ANA obteve 0,16 mL. Logo, o uso do AIB na concentração de 4.000 mg L⁻¹ proporcionou maior comprimento e massa seca de raízes, com 57,71 cm e 42,98 mg, em relação a mesma concentração do ANA, sendo que para as outras concentrações avaliadas não houve diferença estatísticas (SILVA et al., 2012).

O fornecimento exógeno de auxinas é indicado com o objetivo de acelerar a formação de raízes adventícias nas estacas, promovendo a melhoria da qualidade do sistema radicular e, conseqüentemente, aumentando a uniformidade no viveiro na produção de mudas (FRONZA e HAMANN, 2015).

Em pesquisas com diferentes doses de AIB, Pinto (2019) observou que o aumento das doses de AIB influencia diretamente na qualidade do sistema

radicular de estacas de guaranazeiro, proporcionando maior comprimento radicular, aumento do volume radicial e melhor acúmulo de matéria seca de raízes. Ao mesmo tempo, não foi possível comparar alguns resultados obtidos nesta pesquisa com dados da literatura, para a espécie, tendo em vista que não existem informações sobre a utilização dos reguladores de crescimento ANA (ácido naftalenacético) e 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) em estacas de guaranazeiro.

Resultados para o efeito dos genótipos

Alguns genótipos avaliados demonstraram dificuldades na formação de raízes adventícias em suas estacas, como CMU 1012, CMU 1013, CMU 1016 e CMU 1022, mesmo utilizando reguladores de crescimento (auxinas) para estimular o desenvolvimento do sistema radicular (Tabela 8). Estas dificuldades são um dos principais fatores limitantes da utilização de estacas de genótipos superiores para a produção de mudas de guaranazeiro.

Tabela 8. Médias originais da percentagem de estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Médias*		
	EE (%)	EC (%)	EM (%)
BRS Maués	40,0 abc	6,7 ab	53,3 bcdef
CMU 1002	46,7 abc	6,7 ab	46,7 cdef
CMU 1004	63,3 a	5,0 ab	31,7 f
CMU 1005	53,3 a	16,7 ab	30,0 ef
CMU 1006	58,3 a	6,7 ab	35,0 def
CMU 1008	50,0 ab	13,3 ab	36,7 def
CMU 1009	20,0 abcde	0,0 b	80,0 abc
CMU 1010	28,3 abcd	15,0 ab	56,7 abcde
CMU 1012	15,0 cde	1,7 ab	83,3 ab
CMU 1013	16,7 bcde	1,7 ab	81,7 abc
CMU 1014	53,3 a	0,0 b	46,7 cdef
CMU 1015	28,3 abcd	5,0 ab	66,7 abcd

CMU 1016	5,0	de	0,0	b	95,0	a
CMU 1017	43,3	abc	21,7	a	35,0	def
CMU 1018	43,3	abc	13,3	ab	43,3	def
CMU 1022	5,0	e	0,0	b	95,0	a

*Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores resultados de estacas enraizadas (EE) foram observados nos genótipos CMU 1004, CMU 1005, CMU 1006 e CMU 1014, com porcentagens acima de 53,3%, sendo classificados como genótipos de intermediário enraizamento (em torno de 50%), diferindo estatisticamente somente dos CMU 1012, CMU 1013, CMU 1016 e CMU 1022, que apresentaram baixo enraizamento (de 10 a 30%), sendo que as maiores médias de estacas mortas confirmam as dificuldades de enraizamento destes genótipos (Tabela 8).

Dentre os genótipos avaliados, foi registrado um percentual de 40,0% de enraizamento para BRS Maués, que diferiu dos resultados obtidos por Albertino et al. (2012), com média de 81,3% de estacas enraizadas e do valor encontrado por Arruda et al. (2007), que registraram média de 71,9% para a mesma cultivar enraizada em substrato comercial (Plantmax), e 79,6% quando enraizada em substrato esterco de galinha + solo, condição de plantio mais próxima da utilizada neste trabalho. Estas discrepâncias sugerem que o percentual de enraizamento desse genótipo é bastante influenciado pelas condições edafoclimáticas e de manejo de viveiro.

De maneira geral, o enraizamento das estacas de guaranazeiro foi significativamente influenciado pelos genótipos, pois os resultados obtidos demonstraram que em relação à porcentagem de estacas enraizadas existem variações de 5,0 a 63,3%, entre os genótipos estudados, que estão de acordo com às pesquisas feitas ao longo dos anos, as quais apontam que existe variação entre cultivares, quanto o enraizamento de estacas.

Tais resultados são corroborados pelos estudos de Pinto (2019), que observou uma variação de 31,5% a 57,0% entre três genótipos testados. Resultados obtidos por Albertino et al. (2012), mostram variações entre seis cultivares, com médias que variaram de 49,3 a 70,3%. Para 11 genótipos avaliados, Atroch et al. (2007), registraram variações de 16,6 a 85,2%,

concluindo que existe variabilidade genética para a porcentagem de enraizamento. Trabalhos como o de Arruda et al. (2007), encontraram variações de 15,0 a 88,1%, para 12 cultivares de guaranazeiro.

A influência dos genótipos na formação de raízes adventícias também é visto para outras espécies. Em pesquisa com estacas de *Camellia sinensis* (chá-da-índia), foram observadas variações de 31,9 a 41,6% na promoção de raízes entre os genótipos estudados (LIMA et al., 2016). Rosa et al. (2017), pesquisando genótipos de porta enxertos de pessegueiro (*P. persica*), encontraram entre os genótipos testados uma variância de 13,3 a 66,7% para a característica porcentagem de estacas enraizadas. De acordo com Guasso (2018), o enraizamento de estacas herbáceas de kiwizeiro sofreu influência dos genótipos, variando de 20,5 a 35,9% de estacas enraizadas.

Os fatores associados à rizogênese de estacas de espécies vegetais são de origens endógenas, como idade da planta, açúcares, minerais e outras moléculas e exógenas, como luz, temperatura, reguladores de crescimento adicionais, os quais funcionam como sinais que reorientam a diferenciação das células, a divisão celular, a iniciação de primórdios radiculares, emergência e alongação (BELLINI et al., 2014).

Além de ser um processo de desenvolvimento controlado por muitos fatores, existe a contribuição da variabilidade entre as espécies na formação de raízes adventícias (CABANEZ, 2015). Assim, a capacidade de uma estaca em formar raízes adventícias é variável com a espécie e a cultivar, mesmo que a rizogênese seja modificada pela interação de diversos fatores, e não somente o potencial genético (SILVA et al., 2011; FACHINELLO et al., 2005).

Para estacas não enraizadas e com calos, o genótipo CMU 1017 apresentou o maior desempenho na porcentagem de estacas com calos (EC) com 21,7%, entre os genótipos avaliados. Porém, comparando com os demais genótipos, houve diferença estatística para o CMU 1009, CMU 1014, CMU 1016 e o CMU 1022, que apresentaram 0,0% de estacas calejadas (Tabela 8).

Após o corte na base da estaca, ocorre uma reação histológica de cicatrização nos tecidos vegetais que formam o caule. Nesta região, frequentemente se forma uma massa de células parenquimáticas desorganizadas e pouco diferenciadas, denominadas de calos (SCARIOT et al.,

2017). Em algumas espécies vegetais, a formação de calos podem ser um precursor de enraizamento, todavia, é um processo independente, que não essencialmente vai acarretar na formação de raízes adventícias (VIGNOLO, et al., 2014; MENDONÇA et al., 2018). Por sua vez, a presença de calos em estacas está associada a espécies de difícil enraizamento, sendo considerada um processo de organogênese indireta, pois a formação de raízes adventícias ocorre após a formação de calos (XAVIER et al., 2013).

No presente trabalho, observou-se uma tendência de variação entre todos os genótipos testados, de 0,0 a 21,7% de presença de calos nas estacas de guaranazeiro. Segundo Pinto (2019), os genótipos apresentam influência na porcentagem de estacas com calos, registrando percentagens de 6,5; 9,5 e 58,5% de calos nas estacas herbáceas de três cultivares de guaranazeiro, classificando a rizogênese da BRS Amazonas como cultivar tardia, com maior formação de calo, necessitando de máximo tempo para o enraizamento, em comparação as demais cultivares.

Levando em conta o percentual de estacas com calos, pode se atribuir que os genótipos com maiores porcentagens de estacas com calos, ainda poderiam formar sistema radicular se permanecessem nos substratos por um maior período de tempo (SCARIOT et al., 2017).

Segundo HARTMANN et al., (2011), outro fator que pode influenciar o enraizamento de estacas é a estrutura interna do caule, tendo em vista a formação de raízes adventícias em estacas de plantas com crescimento secundário têm origem, geralmente, a partir do tecido jovem do floema secundário, mas também podem originar-se das células do câmbio interfascicular, entre feixes vasculares (NAIJA et al., 2008), do câmbio ou dos calos produzidos na base das estacas.

Os genótipos CMU 1016 e 1022 tiveram as maiores porcentagens de estacas mortas (EM), ambos com 95,0%, sendo os menos indicados para a propagação por estaquia, pois obtiveram os piores resultados quanto à sobrevivência, o que em escala comercial traria enormes prejuízos aos viveiristas (Tabela 8).

Avaliando o percentual de estacas mortas, Albertino et al. (2012), observaram que a mortalidade média de estacas retiradas de diferentes

genótipos de guaranazeiro, variou de 6,5 a 48,8%, sendo que a cultivar BRS Maués apresentou 26,7% de mortalidade, diferentemente ao encontrado neste trabalho que foi de 53,3% de estacas mortas. Resultados obtidos por Pinto (2019) comprovam que o fator genótipo exerce influência na mortalidade das estacas, com variações de 10,5 a 45,0% de estacas mortas entre cultivares de guaranazeiro.

Para outras espécies, Lima et al. (2016), observaram que mortalidade média das estacas foi influenciada diretamente pelos genótipos de *Camellia sinensis* L., onde a variação foi de 24,6 a 35,7% de estacas mortas. Tofanelli et al. (2014), em estudo com porta-enxertos, analisaram que as cultivares de videira variam em relação a porcentagem de mortalidade, de 37,5 a 60,8% no tratamento com 2,4-D, e de 11,7 a 19,2% com estacas tratadas com AIB.

Tabela 9. Número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Médias*				
	NR	CMR (cm)	VR (mL)	MFR (g)	MSR (g)
BRS Maués	4,12 abc	17,02 abc	2,17 ab	2,58 abc	0,37 ab
CMU 1002	3,17 abc	12,67 abcd	1,72 bcd	1,65 abcde	0,26 bcd
CMU 1004	4,52 ab	16,83 abc	2,17 ab	2,01 abcd	0,35 abc
CMU 1005	2,33 abc	16,37 abc	2,12 abc	1,96 abcd	0,34 abc
CMU 1006	4,88 ab	21,52 a	3,53 a	3,23 a	0,57 a
CMU 1008	3,18 abc	13,15 abcd	1,35 bcd	1,10 cde	0,23 bcd
CMU 1009	4,93 ab	18,90 ab	1,92 abc	1,78 abcd	0,39 ab
CMU 1010	3,18 abc	15,45 abc	2,72 ab	2,70 abc	0,47 ab
CMU 1012	4,12 abc	13,87 abcd	2,27 ab	2,15 abc	0,38 ab
CMU 1013	4,05 abc	19,88 ab	2,73 ab	2,33 abc	0,41 ab
CMU 1014	5,68 a	19,90 ab	2,82 ab	3,11 ab	0,43 ab
CMU 1015	4,03 abc	17,35 ab	2,35 ab	2,16 abc	0,43 ab
CMU 1016	1,17 bc	3,83 cd	0,33 cd	0,38 de	0,07 cd
CMU 1017	3,40 abc	9,60 abcd	1,57 bcd	1,53 bcde	0,22 bcd
CMU 1018	4,48 ab	7,52 bcd	1,63 bcd	1,43 cde	0,26 bcd
CMU 1022	0,38 c	1,17 d	0,07 d	0,04 e	0,01 d

*Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os números de raízes por estaca (NR) diferiram estatisticamente para os clones CMU 1016 e o CMU 1022, os demais genótipos apresentaram comportamentos semelhantes em relação à característica estudada, pois não houve significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 9).

No enraizamento adventício, o número de raízes é um dado importante, uma vez que o vigor das mudas está diretamente relacionado à quantidade de raízes. De acordo com Rima et al. (2011), a maior quantidade de raízes fisiologicamente ativas simultaneamente à maior área superficial radicular, reflete no acréscimo do volume de solo a ser explorado, podendo aumentar a atividade de absorção de água e nutrientes, assim como ter influências positivas sobre a produção, devido à maior capacidade de adaptação das plantas ao ambiente sob condições adversas (BORCIONI et. al., 2016).

Quanto ao número de raízes por estacas, Pinto (2019), relata que existe influência dos cultivares de guaranazeiro na quantidade de raízes, com variação de 8,70 a 21,95. Resultados obtidos por Albertino et al. (2012), mostram também variações entre os genótipos de guaranazeiro, de 4,73 a 15,96, com adubação, condição de plantio mais próxima da utilizada neste trabalho, sendo que a cultivar BRS Maués apresentou média de 9,19 na quantidade de raízes, diferentemente do encontrado neste trabalho que foi de 4,12 o número médio de raízes por estacas (Tabela 9).

Para outras espécies, Da Rosa et al. (2017), observaram que os genótipos dos porta-enxertos de ameixeira e pessegueiro causaram efeitos sobre o número de raízes, variando de 0,11 a 11,08, em relação a quantidade de raízes por estacas. Engel et al. (2017), confirmaram que número de raízes por miniestaca foi significativo para três diferentes clones de *A. mearnsii*, com médias de 8,36; 9,51 e 5,39 de raízes/miniestaca, respectivamente, independente da concentração de hormônio.

O clone CMU 1006 apresentou a melhor média (21,52 cm), para a variável comprimento da maior raiz (CMR), diferindo estatisticamente somente dos clones CMU 1016, CMU 1018 e CMU 1022, com 3,83; 7,52 e 1,17 cm de comprimento, respectivamente (Tabela 9).

O maior comprimento de raízes por estacas propagadas vegetativamente permite a máxima exploração do solo, uma vez que está relacionado com o

potencial de absorção de água e nutrientes do solo. Outro fator que também exerce influência no comprimento de raízes por estacas é o potencial genético que cada cultivar pode apresentar (ROSA et al., 2017). De acordo com Ferraz et al. (2018), fatores como potencial genético do genótipo, o balanço hormonal endógeno e a consistência dos tecidos das estacas são primordiais para o desenvolvimento das raízes.

Outras pesquisas com estacas de guaranazeiro apontam que o fator genótipo influenciou no comprimento das raízes, com variações de 8,91 a 15,90 cm, com a cultivar BRS Maués, a média foi de 11,68 cm, o tamanho das raízes, diferindo deste trabalho com média de 17,02 cm de raízes por estacas (ALBERTINO et al., 2012). Pinto (2019) relata que existe influência dos cultivares de guaranazeiro no tamanho de raízes, com variação de 12,31 a 18,86 cm de comprimento.

O clone CMU 1006 apresentou a maior média quanto ao volume radicular (VR) em relação aos genótipos CMU 1002, CMU 1008, CMU 1016, CMU 1017, CMU 1018 e CMU 1022, com 3,53 mL de volume de raízes (Tabela 9).

O volume de raízes é uma característica importante, pois se relaciona com a área do solo ocupada pelas raízes. Além disso, uma vantagem da influência dos genótipos é a sua capacidade de promover a formação de raízes em estacas. De acordo com Dourado Neto et al. (2014), um bom sistema radicular proporciona maior capacidade de absorção de água e nutrientes pela planta, colaborando para a rápida alocação de substâncias na planta.

Visando melhorar a qualidade do sistema radicular das estacas de guaranazeiro, Pinto (2019) utilizou a combinação de três diferentes clones com doses de ácido indolbutírico (AIB). Segundo o autor, os genótipos avaliados influenciaram no volume de raízes, variando de 1,10 a 2,35 mL.

Albertino et al. (2012), em outro estudo com estacas de guaranazeiro, observaram que o volume radicular varia de acordo com o genótipo, de 2,45 a 3,31 mL de raízes. Estes resultados corroboram os resultados desta pesquisa, com média de 0,07 a 3,53 mL de raízes por estacas.

Nesse sentido, a necessidade de aplicação de reguladores exógenos varia com as características genéticas do genótipo e do material vegetal, sendo que quanto mais jovens forem os tecidos do material a ser propagado, maiores

serão os índices endógenos de auxina e menores os de giberelina, condição que segundo Botelho et al. (2005) favorece o enraizamento dos propágulos.

Os genótipos CMU 1008, CMU 1016, CMU 1017, CMU 1018 e CMU 1022 proporcionaram os piores resultados para massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR), apresentando dificuldades para o aumento do peso durante a formação radicular, pois obtiveram menores resultados quanto às características observadas (Tabela 9).

O acúmulo de massa radicular está relacionado com o estoque ou alocação total de material subterrâneo e com nutrientes acumulados na fase inicial do desenvolvimento das plantas por meio de estaquia. O maior acúmulo de massa seca nas estacas pode ter ocorrido em virtude da rápida formação e desenvolvimento das raízes, em consequência disso, aumentando a absorção de nutrientes do solo (SOUZA et al., 2015).

O peso radicular sofreu influência dos genótipos, havendo variação entre as características avaliadas. Segundo Albertino et al. (2012), os genótipos de guaranazeiro avaliados influenciaram na matéria seca de raízes, variando de 0,39 a 0,57 g, sendo que a cultivar BRS Maués, apresentou média de 0,44 g de acúmulo de raízes, resultado diferente ao encontrado neste trabalho, com 0,37 g de raízes por estacas.

Resultados do desdobramento das interações reguladores x genótipos

Na tabela 10, os resultados da análise de variância demonstram que ocorreu efeito significativo a 5 e 1% de probabilidade nas interações entre os fatores pelo Teste F, para as variáveis volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR).

O fator reguladores apresentou significância a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F, enquanto, o fatorial versus testemunha adicional não foi significativo entre as variáveis observadas (Tabela 10). Isso significa que as médias do fatorial reguladores x genótipos não foram diferentes das médias da não aplicação de reguladores (tratamento adicional).

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranzeiro em função de diferentes genótipos e reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		VR	MFR	MSR
Blocos	1	3,972*	8,470**	0,209**
Reguladores	2	3,305*	4,076**	0,093*
Genótipos x 2,4-D	15	3,191**	2,938**	0,077**
Genótipos x AIB	15	2,626**	2,752**	0,068**
Genótipos x ANA	15	2,343**	2,224**	0,065**
Fatorial vs Adicional	1	0,154 ^{ns}	0,136 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Resíduo	48	0,744	0,643	0,019
Média Fatorial		1,97	1,88	0,33
Média Adicional		1,69	1,62	0,29
C.V. (%)		88,37	92,22	536,99

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

Nos resultados para a variável volume de raízes (VR) (Tabela 11) foi possível observar efeito significativo pelo Teste F para as interações dos reguladores com os clones CMU 1004, CMU 1006 e CMU 1017 a 5% de probabilidade e os clones CMU 1012 e CMU 1013 a 5 e 1% de probabilidade.

Para variável massa fresca de raízes (MFR) ocorreu efeito significativo na interação dos reguladores com os clones CMU 1002, CMU 1004 e CMU 1006 a 5% de probabilidade e os clones CMU 1012 e CMU 1013 a 5 e 1% de probabilidade. No entanto, para a característica massa seca de raízes (MSR) observou-se interação somente entre os clones CMU 1012 e CMU 1013 a 1% de probabilidade (Tabela 11).

O fator genótipos foi significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F, enquanto, para o fatorial versus testemunha adicional não houve significância entre as características observadas (Tabela 11), significando que as médias do fatorial reguladores x genótipos não foi diferente das médias da não aplicação de reguladores (tratamento adicional).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para o volume de raízes (VR), massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		VR	MFR	MSR
Blocos	1	3,972*	8,470**	0,209**
Genótipos	15	4,664**	4,612**	0,124**
Reguladores x BRS Maués	2	0,632 ^{ns}	0,939 ^{ns}	0,023 ^{ns}
Reguladores x CMU 1002	2	2,082 ^{ns}	2,135*	0,039 ^{ns}
Reguladores x CMU 1004	2	2,412*	2,733*	0,055 ^{ns}
Reguladores x CMU 1005	2	0,062 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Reguladores x CMU 1006	2	3,022*	2,523*	0,034 ^{ns}
Reguladores x CMU 1008	2	0,015 ^{ns}	0,046 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Reguladores x CMU 1009	2	1,752 ^{ns}	1,442 ^{ns}	0,053 ^{ns}
Reguladores x CMU 1010	2	0,687 ^{ns}	0,363 ^{ns}	0,033 ^{ns}
Reguladores x CMU 1012	2	7,712**	6,940**	0,213**
Reguladores x CMU 1013	2	5,952**	6,472**	0,149**
Reguladores x CMU 1014	2	0,302 ^{ns}	1,071 ^{ns}	0,018 ^{ns}
Reguladores x CMU 1015	2	0,485 ^{ns}	0,283 ^{ns}	0,029 ^{ns}
Reguladores x CMU 1016	2	0,572 ^{ns}	0,829 ^{ns}	0,027 ^{ns}
Reguladores x CMU 1017	2	2,502*	1,917 ^{ns}	0,030 ^{ns}
Reguladores x CMU 1018	2	1,307 ^{ns}	1,118 ^{ns}	0,027 ^{ns}
Reguladores x CMU 1022	2	0,027 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Fatorial vs Adicional	1	0,154 ^{ns}	0,136 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Resíduo	48	0,744	0,643	0,019
Média Fatorial		1,97	1,88	0,33
Média Adicional		1,69	1,62	0,28
C.V. (%)		88,37	92,22	536,99

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

Ao analisar os resultados do volume radicial (Tabela 12), observou-se que as estacas tratadas com AIB e ANA na concentração de 2.000 mg L⁻¹, apresentaram os maiores volumes de raízes (mL) para os genótipos avaliados, quando comparadas com estacas tratadas com 2,4-D, exceto para o genótipo CMU 1013, que foi superior como uso de 2,4-D.

De maneira geral, ao verificar o comportamento do volume do sistema radicular dos 16 genótipos mediante ao uso dos três reguladores de crescimento, os genótipos CMU 1016 e CMU 1022 obtiveram os piores resultados, com 0,33 e 0,07 mL, respectivamente. E o genótipo CMU 1006 o maior volume de raízes apresentado, com 3,53 mL (Tabela 12).

Pinto (2019), trabalhando com estacas de guaranazeiro, observou também interação significativa entre clones x AIB, pois independentemente da cultivar testada, o ponto de máximo volume foi atingido com a maior dose de AIB, com aumento em torno de 38% no volume do sistema radicular.

Em contrapartida, estudos com dosagens de AIB e ANA em *Melaleuca alternifolia*, Silva et al. (2012), verificaram que o volume radicial do AIB foi superior ao ANA, independente da concentração, proporcionando às estacas melhores condições para a manutenção da viabilidade, uma vez que o desenvolvimento adequado do sistema radicular é um fator que influenciará diretamente no estabelecimento futuro das mudas.

O maior volume radicial proporciona à planta uma maior absorção de água e nutrientes (LIMA et al., 2009), resultando no maior desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maior eficiência metabólica (NEUMANN et al., 2018).

As diferenças observadas entre as diferentes formas de auxinas aplicadas para o enraizamento de estacas se devem a diferentes taxas de absorção, transporte, oxidação (inativação irreversível) e conjugação (inativação reversível) (MASSOUMI, 2016).

Neste trabalho, os maiores volumes de raízes de estacas tratadas com AIB e ANA em reação ao 2,4-D podem ser uma resposta à dose de 2,4-D aplicada. Altas doses de 2,4-D podem estimular a biossíntese de etileno, o qual além de estimular o desenvolvimento de raízes adventícias pode alterar os padrões de crescimento das células.

Tabela 12. Volume de raízes (VR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Média de volume de raízes (mL)*			
	AIB	ANA	2,4 - D	Médias dos genótipos
BRS Maués	2,30 abcA	1,55 abcA	2,65 abcA	2,17 ab
CMU 1002	2,60 abcA	1,95 abcA	0,60 bcA	1,72 bcd
CMU 1004	2,85 abcA	2,75 abcA	0,90 bcA	2,17 ab
CMU 1005	1,95 abcA	2,10 abcA	2,30 abcA	2,12 abc
CMU 1006	4,50 aA	3,95 aAB	2,15 abcB	3,53 a
CMU 1008	1,40 abcA	1,25 abcA	1,40 abcA	1,35 bcd
CMU 1009	2,60 abcA	2,30 abcA	0,85 bcA	1,92 abc
CMU 1010	2,95 abcA	2,05 abcA	3,15 abA	2,72 ab
CMU 1012	3,35 abA	3,45 aA	0,00 cB	2,27 ab
CMU 1013	1,00 bcB	2,75 abcAB	4,45 aA	2,73 ab
CMU 1014	2,70 abcA	3,25 abA	2,50 abcA	2,82 ab
CMU 1015	2,75 abcA	2,50 abcA	1,80 abcA	2,35 ab
CMU 1016	0,95 bcA	0,05 cA	0,00 cA	0,33 cd
CMU 1017	2,85 abcA	1,05 abcA	0,80 bcA	1,57 bcd
CMU 1018	0,70 bcA	2,10 abcA	2,10 abcA	1,63 bcd
CMU 1022	0,00 cA	0,20 bcA	0,00 cA	0,07 d
Médias dos reguladores	2,22 A	2,08 AB	1,60 B	1,97

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observando conjuntamente os resultados médios da matéria fresca das raízes de guaranazeiro (Tabela 13), nota-se que a aplicação de AIB e ANA na concentração de 2.000 mg L⁻¹, proporcionou os melhores resultados de massa fresca de raízes (g) para todos os genótipos, exceto para o genótipo CMU 1013 apresentou a maior massa (4,22 g) com a utilização de 2,4-D, diferindo dos reguladores AIB e ANA.

Dentre todos os genótipos avaliados, o CMU 1022 apresentou menor incremento de massa fresca de raízes, com 0,04 g, indicando pequeno potencial de diferenciação de raízes adventícias.

Tabela 13. Massa fresca de raízes (MFR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Média da massa fresca de raízes (g)*			
	AIB	ANA	2,4 - D	Médias dos genótipos
BRS Maués	3,07 abA	1,80 abA	2,88 abA	2,58 abc
CMU 1002	2,50 abcA	1,95 abAB	0,50 bB	1,65 abcde
CMU 1004	2,88 abcA	2,47 abAB	0,68 bB	2,01 abcd
CMU 1005	1,98 abcA	2,08 abA	1,88 abA	1,96 abcd
CMU 1006	4,30 aA	3,33 aAB	2,06 abB	3,23 a
CMU 1008	1,27 bcA	0,98 abA	1,07 bA	1,10 cde
CMU 1009	2,55 abcA	1,92 abA	0,87 bA	1,78 abcd
CMU 1010	3,02 abA	2,22 abA	2,86 abA	2,70 abc
CMU 1012	3,13 abA	3,32 aA	0,00 bB	2,15 abc
CMU 1013	0,64 bcB	2,12 abB	4,22 aA	2,33 abc
CMU 1014	3,25 abA	3,77 aA	2,32 abA	3,11 ab
CMU 1015	2,26 abcA	2,49 abA	1,75 abA	2,16 abc
CMU 1016	1,12 bcA	0,01 bA	0,00 bA	0,38 de
CMU 1017	2,66 abcA	1,08 abA	0,86 bA	1,53 bcde
CMU 1018	0,59 bcA	1,69 abA	2,01 abA	1,43 cde
CMU 1022	0,00 cA	0,11 bA	0,00 bA	0,04 e
Médias dos reguladores	2,20 A	1,95 AB	1,50 B	1,88

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável massa seca de raízes (MSR) a maioria dos genótipos avaliados mostraram comportamentos iguais, quando combinados com os reguladores AIB, ANA e 2,4-D, não diferindo entre si pelo teste de Tukey a 5%, exceto para o CMU 1013 que foi inferior para o AIB, obtendo valores de 0,14 g e CMU 1012 para o 2,4-D, com 0,00 g de raízes (Tabela 14).

Quanto à massa seca de raízes, dentre os reguladores verificou-se que os genótipos CMU 1013, CMU 1018 e CMU 1022 apresentaram os menores pesos médios quando combinados com AIB, obtendo valores de 0,14, 0,13 e 0,00 g, respectivamente. Em relação ao ANA, os genótipos CMU 1016 e CMU 1022 foram inferiores com 0,01 e 0,02 g de massa seca de raízes. Dentro do regulador 2,4-D, as piores combinações foram com os genótipos CMU 1002,

CMU 1004, CMU 1012, CMU 1016, CMU 1017 e CMU 1022, com 0,10, 0,16, 0,00, 0,00, 0,13 e 0,00 g de peso seco de raízes.

Em cultivares de guaranazeiro, Pinto (2019) verificou que o aumento da dosagem de AIB, proporciona o maior acúmulo da massa seca do sistema radicular das estacas, sendo que a dose de 2.000 mg k⁻¹ de AIB, mostrou um peso de raiz de aproximadamente 0,35 g/estaca, resultados semelhantes ao obtidos neste estudo, onde a dose de 2.000 mg L⁻¹ de AIB, promoveu em média 0,36 g de massa seca de raízes em estacas de guaranazeiro.

Tabela 14. Massa seca das raízes (MSR) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis genótipos e três reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Média da massa seca de raízes (g)*			
	AIB	ANA	2,4 - D	Médias dos genótipos
BRS Maués	0,45 abcA	0,25 abcA	0,42 abA	0,37 ab
CMU 1002	0,35 abcA	0,33 abcA	0,10 bA	0,26 bcd
CMU 1004	0,47 abcA	0,43 abcA	0,16 bA	0,35 abc
CMU 1005	0,28 abcA	0,36 abcA	0,39 abA	0,34 abc
CMU 1006	0,71 aA	0,56 aA	0,45 abA	0,57 a
CMU 1008	0,27 abcA	0,23 abcA	0,21 abA	0,23 bcd
CMU 1009	0,45 abcA	0,52 abA	0,21 abA	0,39 ab
CMU 1010	0,59 abA	0,34 abcA	0,48 abA	0,47 ab
CMU 1012	0,53 abA	0,60 aA	0,00 bB	0,38 ab
CMU 1013	0,14 bcB	0,39 abcAB	0,69 aA	0,41 ab
CMU 1014	0,47 abcA	0,50 abcA	0,32 abA	0,43 ab
CMU 1015	0,43 abcA	0,55 aA	0,31 abA	0,43 ab
CMU 1016	0,21 abcA	0,01 cA	0,00 bA	0,07 cd
CMU 1017	0,36 abcA	0,18 abcA	0,13 bA	0,22 bcd
CMU 1018	0,13 bcA	0,30 abcA	0,36 abA	0,26 bcd
CMU 1022	0,00 cA	0,02 bcA	0,00 bA	0,01 d
Médias dos reguladores	0,36 A	0,35 AB	0,26 B	0,32

*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados dos genótipos na ausência de reguladores de crescimento

Na avaliação entre todos os genótipos na ausência de reguladores de crescimento houve efeito significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F para as variáveis estacas enraizadas (EE) e estacas mortas (EM), enquanto a

característica estacas com calos (EC) não foi influenciada significativamente pelos genótipos (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para estacas enraizadas (EE), estacas com calos (EC) e estacas mortas (EM) de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		EE	EC	EM
Blocos	1	2,832 ^{ns}	2,634 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Genótipos	15	16,188**	4,400 ^{ns}	11,304**
Resíduo	15	1,700	1,997	0,815
Média		5,46	2,07	7,08
C.V. (%)		23,87	68,18	12,75

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

Para as características que expõem a qualidade do sistema radicular, não houve diferença estatística entre os genótipos, enquanto o fator blocos foi significativo a 5% de probabilidade para comprimento da maior raiz (CMR) e volume de raízes (VR) sem a utilização de reguladores (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), volume de raízes (VR), massa fresca (MFR) e massa seca de raízes (MSR) de estacas de guaranazeiro em função de diferentes genótipos e sem reguladores de crescimento. Manaus, AM, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		NR	CMR	VR	MFR	MSR
Blocos	1	3,638 ^{ns}	256,964*	5,561*	4,844 ^{ns}	0,109 ^{ns}
Genótipos	15	4,441 ^{ns}	63,903 ^{ns}	1,389 ^{ns}	1,382 ^{ns}	0,032 ^{ns}
Resíduo	15	2,934	51,361	0,791	1,086	0,029
Média		2,94	12,81	1,69	1,62	0,29
C.V. (%)		58,29	55,91	52,76	64,32	59,98

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

As maiores médias de estacas enraizadas (EE) foram apresentados pelos genótipos CMU 1004, CMU 1005, CMU 1006 e CMU 1014, com 95,0; 75,0; 70,0

e 70,0%, respectivamente, diferindo estatisticamente dos clones CMU 1012, CMU 1013, CMU 1015, CMU 1016 e CMU 1022 (Tabela 17).

Tabela 17. Médias originais da porcentagem de estacas enraizadas (EE), estacas mortas (EM) e estacas com calos (EC) de guaranazeiro em resposta aos dezesseis diferentes genótipos sem a utilização de regulador. Manaus, AM, 2019.

Genótipos	Médias sem regulador de crescimento*		
	EE (%)	EC (%)	EM (%)
BRS Maués	40,0 ab	0,0 a	60,0 abcd
CMU 1002	45,0 ab	5,0 a	50,0 abcd
CMU 1004	95,0 a	0,0 a	5,0 f
CMU 1005	75,0 a	15,0 a	10,0 ef
CMU 1006	70,0 a	5,0 a	25,0 def
CMU 1008	30,0 abc	5,0 a	65,0 abcd
CMU 1009	50,0 ab	5,0 a	45,0 abcde
CMU 1010	20,0 abc	25,0 a	55,0 abcd
CMU 1012	10,0 bc	0,0 a	90,0 abc
CMU 1013	5,0 bc	5,0 a	90,0 abc
CMU 1014	70,0 a	0,0 a	30,0 def
CMU 1015	5,0 bc	5,0 a	90,0 abc
CMU 1016	5,0 bc	0,0 a	95,0 ab
CMU 1017	35,0 abc	25,0 a	40,0 bcde
CMU 1018	50,0 ab	15,0 a	35,0 cde
CMU 1022	0,0 c	0,0 a	100,0 a

*Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que espécies comerciais, como *P. cupana* var. *sorbilis*, determinados genótipos avaliados apresentaram resultados elevados de enraizamento, mesmo quando não submetidos a tratamentos com reguladores de crescimento, atingindo médias de até 95,0% de enraizamento. Resultados obtidos por Albertino (2011) mostram maior percentual de enraizamento de estacas no tratamento sem aplicação de AIB, concluindo que existe variabilidade

genética entre os genótipos. Pinto (2019), observou também comportamento diferenciado entre os genótipos de guaranazeiro, inclusive no tratamento controle (0 mg kg^{-1}), que variou de 27,5 a 60,0%, quanto ao percentual de estacas enraizadas.

O fato das testemunhas terem enraizado, provavelmente se justifica devido à presença dos hormônios endógenos mantidos nas estacas, contribuindo para o enraizamento e a sobrevivência das estacas. As auxinas endógenas são muito importantes no processo de formação de raízes em estacas, pois a auxina produzida nas folhas novas e nas gemas move-se naturalmente para a parte inferior da planta, acumulando-se na base do corte, junto com açúcares e outras substâncias nutritivas (LONE et al., 2010).

A formação de raízes é dependente de um nível ótimo de auxina (CARVALHO et al., 2002), pois este composto em determinadas concentrações promove a divisão celular por meio da regulação da transcrição de genes auxina induzidos, além da interação com outros hormônios e fatores de crescimento (MASSOUMI, 2016).

O tecido das estacas que possuem consistência herbácea detém de intensa atividade meristemática e baixo grau de lignificação (SANTOS, 2016), apresentando condições fisiológicas adequadas para a rápida emissão de raízes adventícias, porém, com maior propensão a desidratação e morte (FACHINELLO et al., 2005). Geralmente, são estacas com elevados teores de auxina endógena, hormônio que estimula o enraizamento (OLIVEIRA et al., 2012). Apesar disso, estacas herbáceas tendem a perder rapidamente a umidade, sendo necessários maiores cuidados com os sistemas de irrigação e manutenção da umidade no ambiente (LIMA et al., 2006).

Nesta pesquisa, observou-se que, transcorridos 15 dias após a instalação do experimento, os meios folíolos de alguns tratamentos inicialmente apresentaram perda da coloração verde, tornando-se amarelados (cloróticas) e posteriormente marrons (necrosados), a partir de pontos arredondados próximo ao corte realizado na redução da área foliar, havendo abscisão dos meios folíolos a partir do pecíolo foliar. Também se observou que as estacas sofreram escurecimento progressivo, até atingir coloração marrom escuro, com aspecto de tecidos necrosados, culminando na morte das mesmas.

Outro dado importante, é que as estacas de guaranazeiro são sensíveis ao excesso de água, em qualquer estágio do enraizamento, causando mortalidade no caso de encharcamento. No entanto, a condição do sistema de irrigação por nebulização foi constante no viveiro, proporcionando alta umidade no ambiente, pelo menos nos quatro primeiros meses após o plantio das estacas em sacos plásticos, para não afetar negativamente o índice de pegamento e a desidratação acentuada das mudas (ARRUDA et al., 2007).

No caso da mistura dos substratos solo + areia utilizado no presente trabalho, na proporção 4:1, obteve-se um substrato mais argiloso, que se encharcava com facilidade, e assim permanecia por horas, dificultando a drenagem da água da irrigação, podendo ter induzido a mortalidade das estacas por falta de oxigenação dos tecidos que dariam origem ao sistema radicular.

A mortalidade das estacas de guaranazeiro pode também estar relacionada com reações de oxidação dos compostos fenólicos que, muito embora sejam essenciais às funções fisiológicas das plantas, também podem prejudicar a rizogênese (HARTMANN et al., 2011).

7. CONCLUSÃO

Dentre os reguladores de crescimento, indicam-se o AIB e ANA para tratamento de estacas de guaranazeiro, pois proporcionaram as melhores condições de enraizamento.

A adição dos reguladores AIB e ANA na concentração de 2.000 mg L⁻¹ proporcionou melhorias na qualidade do sistema radicular das estacas dos genótipos guaranazeiro.

O uso de 2,4-D na concentração de 2.000 mg L⁻¹ não é recomendado para os genótipos testados, visto que aumenta a mortalidade das estacas, com a maior presença de tecidos necrosados.

Não se obteve contraste significativo entre o fatorial versus testemunha adicional (sem reguladores) para as variáveis em estudo, ou seja, o uso de reguladores não influencia no processo de enraizamento das estacas.

Os genótipos de guaranazeiro apresentaram diferentes capacidades de enraizamento de estacas, destacando os genótipos CMU 1004, CMU 1005, CMU 1006 e CMU 1014 com maiores percentagens de estacas enraizadas.

A interação entre os fatores reguladores de crescimento x genótipos foi expressivo somente para volume, massa fresca e massa seca de raízes, em condições de viveiro.

8. REFERÊNCIAS

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. 2012. Flora of the Guianas: Sapindaceae. Series: A Phanerogams Fascicle 29. The Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 196 p.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELSEN, P. C.; ADEMA, F. e VAN DER HAM, R. W. J. M. 2011. Sapindaceae, in: Kubitzki, K. (Ed.). The families and Genera of Vasculares Plants Flowering plants Eudicots: Sapindales, Curcubitales, Myrtaceae. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. v. 10, p. 356-406.

ALBERTINO, S. M. F; NASCIMENTO FILHO, F. J.; SILVA, J. F.; ATROCH, A. L. e LIMA GALVÃO, A. K. 2012. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p. 1449-1454.

ALBERTINO, S. M. F. 2011. **Adubação, níveis crescentes de irradiância nas plantas matrizes e uso do AIB nas estacas para o enraizamento de cultivares de guaranazeiro** (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*, (Mart.) Ducke). Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus.

ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A. 2007. Enraizamento de estacas herbáceas de clones de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 1, p. 236-241.

ATROCH, A. L. 2009. **Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro** (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) **utilizando caracteres morfoagronômicos**. 72 f. Tese (Doutorado em Genética de Plantas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus.

ATROCH, A. L; CRAVO. M. S. e SANTOS, J. A. 2007. Enraizamento de clones de guaranazeiro tratados com ácido Indol-3-Butírico (AIB). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 103-111.

ATROCH, A. L. e NASCIMENTO FILHO, F. J. 2005. Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 43, p. 43-48.

ATROCH, A. L. 2002. Aspectos gerais da cultura do guaraná. **Foods and Food Ingredients Journal of Japan** v. 204, p. 53-59.

ATROCH, A. L. 2001. Situação da cultura do guaraná no estado do Amazonas. In: Atroch, A. L. (Ed). **Reunião Técnica da Cultura do Guaraná**, 1., Manaus, AM, 6 a 9 de novembro de 2000. Anais. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 16).

BELLINI, C.; PACURAR, D. I. e PERRONE, I. 2014. Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. **Annual Review of Plant Biology**, v. 65, p. 1-28.

BITTENCOURT, A. B.; BITTENCOURT, L. S.; MARINOWIC, D. R. e CRUZ, B. M. 2010. Efeitos de extrato de *Paullinia cupana* (guaraná) em linhagem de fibroblastos NIH3T3. XI Salão de Iniciação Científica – PUCRS.

BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F. e PINTO, F. 2016. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515.

BOTELHO, R. V.; MAIA, A. J.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. e SCHUCK, E. 2005. Efeitos de reguladores vegetais na propagação vegetativa do porta-enxerto de videira “43- 43” (*Vitis vinífera* x *Vitis rotundifolia*). **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 6-8.

BUERKI, S.; FOREST, F.; SALAMIN, N. e ALVAREZ, N. 2010. Comparative performance of supertree algorithms in large data sets using the soapberry family (Sapindaceae) as a case study. **Systematic biology**, v. 60, n. 1, p. 32-44.

BUERKI, S.; FOREST, F.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; CALLMANDER, M. W.; NYLADER, J. A.; HARRINGTON, M.; SANMARTÍN, I.; KÜPFER, P. e ALVAREZ, N. 2009. Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at

subfamiliar and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 51, p. 238-258.

CABANEZ, P. A. 2015. **Ministaquia na propagação da jabuticabeira** (*Plinia* sp.). 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre, Espírito Santo.

CAMPAGNOLO, M. A. e PIO, R. 2012. Enraizamento de estacas caulinares e radiculares de cultivares de amoreira-preta coletadas em diferentes épocas, armazenadas a frio e tratadas com AIB. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 232-237.

CARVALHO, D. B.; SILVA, L. M. e ZUFFELLATO-RIBAS K. C. 2002. Indução de raízes em estacas semilenhosas de azaléia através da aplicação de ácido naftaleno-acético em solução. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.97-101.

CARVALHO, J. E. U.; FRAZÃO, D. A. C.; FIGUEIREDO, F. J. C. e OLIVEIRA, R. P. 1982. Conservação e viabilidade de sementes de guaraná *Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. Belém: Embrapa-CPATU. 12 p. (**Circular técnica, 35**).

CLEMENT, C. R.; BORÉM, A. e LOPES, M. T. G. 2009. Domesticação ao melhoramento de plantas. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (Ed.). **Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas**. Viçosa: UFV. p. 11-38.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Guaraná**- Análise Mensal julho 2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso: 18 de abril de 2019.

CORREA, M. P. F. 1989. **Caracteres quantitativos e qualitativos para descrição morfológica do guaraná** (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA), 186 p.

CORREA, M. P. F.; ESCOBAR, J. R.; FONSECA, C. E. L. e DANTAS, J.C.R. 1983. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke).

In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GUARANA, 1., 1982, Manaus. Resumo. Manaus: EMBRAPA/UEPAE DE MANAUS.

CRONQUIST, A. 1981. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York: Columbia University Press.

CRUZ, C. D. 2016. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 547–552.

DALONSO, N. e PETKOWICZ, C. L. O. 2012. Guarana powder polysaccharides: Characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. **Food Chemistry**. v.134, p.1804-1812.

DA ROSA, G. G.; ZANANDREA, I.; MAYER, N. A. e BIANCHI, V. J. 2017. Propagação de porta-enxerto de *Prunus* spp. por estaquia: efeito do genótipo, do estágio de desenvolvimento do ramo e tipo de estaca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 1, p. 090-097.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. D.; PAIVA, H. N. D. e CORREIA, A. C. G. 2012. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389- 399.

DOURADO NETO, D., DARIO, G. J. A., BARBIERI, A. P. P., e MARTIN, T. N. 2014. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Biosci. j. (Online)**, v. 30, n. 3 Supplement, p. 371-379.

DUCKE, A. 1937. Diversidade dos guaranás. **Rodriguésia**, v. 3, n.10, p. 155-156.

EDWARDS, H. G. M.; FARWELL, D. W.; OLIVEIRA, L. F. C.; ALIA, J. M.; LE HYARIC, M. e AMEIDA, M. V. 2005. FT-Raman spectroscopic studies of guarana and some extracts. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 532, p. 177-186.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA CERRADOS. 2016. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual**

de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado.
OLIVEIRA, M. C. 128 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2011. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental. **Guia das novas cultivares de guaranazeiro para o Estado do Amazonas.** Transferência de Tecnologia. Manaus, 16 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2ª. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. 2005. Sistema de produção para guaraná. **Documentos, 13.** Manaus, 4ª ed., 40 p.

ENGEL, M. L.; HIGA, A. R.; ALCANTARA, G. B.; FLORES JUNIOR, P. C. e SOARES, I. D. 2017. Enraizamento de miniestacas de diferentes clones de *Acacia mearnsii* De Wildeman com aplicação de AIB. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, p. 8-19.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A. e NACHTIGAL, J. C. 2005. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa, 221 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. e FORTES, G. R. L. 1995. Propagação de plantas de clima temperado. Pelotas: UFPEL, 179 p.

FAGANELLO, L. R.; DRANSKI, J. A. L; MALAVASI, U. C. e MALAVASI, M. M. 2015. Efeito dos Ácidos Indolbutírico e Naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 863-871.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F. e WENDLING, I. 2004. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Documentos 94.** Colombo – Embrapa Florestas. 22 p.

FERRAZ, Y. T.; MOTA, F. F. A.; ALVES, J. D. N.; MONFORT, L. E. F. e OKUMURA, R. S. 2018. Enraizamento de hortelã-verde (*Mentha spicata*) em diferentes tempos de exposição em ácido indolbutírico. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 15 n. 27; p. 198-208.

FERREIRA, G. e FERRARI, T. B. 2010. Enraizamento de estacas de atemoieira (*Annona cherimola* Mill. X *A. squamosa* L.) cv. Gefner submetidas a tratamento lento e rápido com auxinas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 329-336.

FERRUCCI, M. S. e ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. 2005. Three new species of *Serjania* (Sapindaceae) from South America. **Systematic Botany**, v. 30, p.153-162.

FIGUEROA, A. L. G. 2016. Guaraná, a máquina do tempo dos Sateré-Mawé. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: **Ciências Humanas**, v. 11, n. 1, p. 55–85.

FILGUEIRA, F. A. R. 2003. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª. Ed. Viçosa: UFV, 412p.

FRONZA, D. e HAMANN, J. J. 2015. **Viveiros e propagação de mudas**. – Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil.

GARCIA, T. B.; NASCIMENTO FILHO, F. J. e SILVA, S. E. L. 1999. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 20 p. **(Circular Técnica, 43)**.

GARNER, R. J. e CHAUDHRI, S. A. 1976. The propagation of tropical fruit trees. Farnham Royal (U.K.), Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, England. East malling, Maidstone, Kent. **Horticulture Review**, n. 4. **566p**.

GIANFAGNA, T. J. 1987. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. In: DAVIES, P.J. (ed.) Plant hormones and their role in plant growth and development. Boston: Kluwer, p. 614-635.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L. e VAN DEN BERG, C. 2005. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 52-61.

GREENWOOD, M. S. e HUTCHISON, K. W. 1993. Maturation as a development process. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. (Eds.). *Clonal forestry: genetics and biotechnology*. Budapest: Springer Verlag, p. 14-33.

GROSSMANN, K. 2010. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science**, v. 66, n. 2, p. 113–120.

GUASSO, L. Z. 2018. **Propagação de kiwizeiros por estaquia**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, BR-RS.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T. e GENEVE, R. L. 2011. **Propagação de plantas: princípios e práticas**. Boston: Prentice Hall, 8 ed. 928 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T. e GENEVE, R. L. 2002. **Propagação de plantas: princípios e práticas**. New Jersey: Prentice Hall, 7 ed. 880 p.

HEARD, C. M.; JOHNSON, S.; MOSS, G. e THOMAS, C. P. 2006. In vitro transdermal delivery of caffeine, theobromine, theophylline and catechin from extract of Guarana, *Paullinia cupana*. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 317, n. 1, p. 26-31.

HENMAN, A. R. 1982. Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): ecological and social perspectives on an economic plant of the central Amazon basin. **Journal of ethnopharmacology**, v. 6, n. 3, p. 311-338.

HIGGINS, J. P.; TUTTLE, T. D. e HIGGINS, C. L. 2010. Energy beverages: Content and safety. **Mayo Clin Proceedings**. v. 85, p. 1033–1041.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agrícola de 2017. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso: 13 de novembro de 2018.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. e DONOGHUE, M. J. 2002. Plant Systematics: A Phylogenetic Approach. **Sinauer Associate**, Sunderland, MA.

LEOPOLD, A. C. e KRIEDEMANN, P. E. 1975. Plant growth and development. 2 ed. McGraw-Hill, New York. p. 322-446.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S. e MODENESE-GORLA DA SILVA, S. H. 2016. Enraizamento de estacas de genótipos de *Camellia sinensis* L. em meio ácido, presença de alumínio e ácido indolbutírico. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 74-80.

LIMA, D. M. BIASI, L. A., ZANETTE, F., ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., BONA, C., e MAYER, J. L. S. 2011. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 422-438.

LIMA, D. M.; TANNO, G. N.; PURCINO, M.; BIASI, L. A.; ZUFFELLATORIBAS, K. C. e ZANETTE, F. 2009. Enraizamento de miniestacas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek). **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 617-623.

LIMA, R. L. S.; SIQUEIRA, D. L.; WEBER, O. B. e CAZETTA J. O. 2006. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 28, n. 1, p. 83-86.

LONE, A. B.; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; COSTA, L.; SCHNITZER, J. A.; SATO, A. J.; RICCE, W. S.; ASSIS, A. M. e ROBERTO, S. R. 2010. Enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) no outono em AIB e diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1720-1725.

LÜ, J.; SILVA, J. A. T. e MA, G. 2012. Vegetative propagation of *Primulina tabucum* Hance by petiole cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 163–166.

LU, C. T.; SUNG, J. M. e CHEN, C. L. 2008. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid soaking promotes rooting in stem tip cuttings of *Hypericum perforatum*. **Journal of Agriculture and Forest**. v. 57, n. 3-4, p. 99-110.

MOBOT. 2019. Angiosperm phylogeny website. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso: 15 de abril de 2019.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Sistema de agrotóxicos fitossanitários – Agrofit. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso: 06 de abril de 2019.

MASSOUMI, M. 2016. **Adventitious root formation in *Arabidopsis*: underlying mechanisms and applications**. 192 p. Tese (Doutorado em Melhoramento Vegetal), Wageningen University, Wageningen, Holanda.

MAUAD, M.; FELTRAN, J. C.; CORRÊA, J. C.; DAINESE, R. C.; ONO, E. O. e RODRIGUES, J. D. 2004. Enraizamento de estacas de azaléia tratadas com concentrações de ANA em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 771-777.

MENDONÇA, L. P.; BATISTA, J. N.; MAGALHÃES, W. B.; FERREIRA, J. P. e BUCHER, C. A. 2018. Ácido-indol-3-butírico e época de coleta influenciando no enraizamento de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, p. 176-184.

MERCIER, H. 2012. Auxinas. In: KERBAUY, G.B. (ed.) Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**. 431 p.

MONTEIRO, M. Y. 1965. **Antropogeografia do guaraná**. Conselho Nacional de Pesquisas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

NAIJA, S.; ELLOUMI, N.; JBIR, N.; AMMAR, S. e KEVERS, C. 2008. Anatomical and biochemical changes during adventitious rooting of apple rootstocks MM106 cultured *in vitro*. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 518-525.

NAPIER, R. M. 2017. Auxins. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**, 2nd edition, v. 1.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; GARCIA, T. B.; SOUSA, N. R. e ATROCH, A. L. 2001. Recursos genéticos de guaraná. In: Sousa, N. R.; Souza, A. G. C. (Ed.) **Recursos fitogenéticos na Amazônia Ocidental: conservação, pesquisa e utilização**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. v.1, p.128-141.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; SOUZA, N. R.; GARCIA, T. B.; CRAVO, M. S. e COUTINHO, E. F. 2001. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p.501-506.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L. e CRAVO, M. S. 2000. Melhoramento genético do guaranazeiro; resultados de ensaios de avaliação de clones; fase produtiva 1985 a 1994. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 54 p.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRAVO, M. S.; MACÊDO J. L. V. e COUTINHO E. F. 1999. Clones de guaranazeiro para o estado do Amazonas. **Comunicado técnico: (Comunicado Técnico 01)**. Manaus: Embrapa.

NEVES, T. S.; CARPANEZZI, A. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. e MARENCO, R. A. 2006. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 12, p.1699-1705.

NEUMANN E. R.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. P.; CHAGAS, R. R. e LIMA FILHO, R. B. 2018. Produção de mudas de batata-doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4.

NINA, N. V. S. 2019. **Divergência genética, adaptabilidade e estabilidade e ganhos de seleção para caracteres agroindustriais de genótipos de guaranazeiro**. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus.

OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G. B.; GUEDES, I.; PINTO, F.; QUOIRIN, M. e BIASI, L. A. 2012. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de

miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu. v. 14, n. 4, p. 611-616.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. e INOUE, M. H. 2011. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. (Ed.). Curitiba: Omnipax. 348 p.

PAUL, R. e CHAUDHURI, A. 2009. IBA and NAA of 1000 ppm induce more improved rooting characters in air-layers of waterapple (*Syzygium javanica* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**. v. 15, n. 2, p. 123-128.

PEÑA, M. L. P.; GUBERT, C.; TAGLIANI, M. C.; BUENO, P. M. C. e BIASI, L. A. 2012. Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 57-64.

PEREIRA, J. C. R. 2005. **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. 4 Ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 40 p.

PEREIRA, M. 2003. **Propagação via estacas apicais, caracterização morfológica e molecular de jabuticabeiras** (*Myrciaria* spp). 86 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, N. 1954. Os índios maués. 1 ed. Rio de Janeiro: **Organização Simões**. 171 p.

PIMENTA, M. R.; FERNANDES, L. S.; PEREIRA, U. J.; GARCIA, L. S.; LEAL, S. R.; LEITÃO, S. G.; SALIMENA, F. R. G.; VICCINI, L. F. e PEIXOTO, P. H. P. 2007. Floração, germinação e espécies em espécies de *Lippia* L. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 211-220.

PINTO, K. G. D. 2019. **Doses de AIB no enraizamento de estacas de guaranazeiro**. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus.

RADLKOFER, L. 1931. **Sapindaceae**. In: A. Engler (ed.), Das Pflanzenreich IV, 165 (Heft 98a-h). Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig. p. 219 - 352.

RIBEIRO, M. N. G. 1976. Aspectos climáticos de Manaus. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 6, p. 229-33.

RIMA, J. A. H. et al.; MARTIM, S. A.; DOBBSS, L. B.; EVARISTO, J. ALBERT M.; RETAMAL, C. A.; FAÇANHA, A. R. e CANELLAS, L. P. 2011. Adição de ácido cítrico potencializa a ação de ácidos húmicos e altera o perfil proteico da membrana plasmática em raízes de milho. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 614-620.

ROSA, G. G., ZANANDREA, I., MAYER, N. A., e BIANCHI, V. J. 2017. Efeito do genótipo no enraizamento e aclimatação de estacas semilenhosas de porta enxertos de pessegueiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n. 3, p. 449-455.

SAINI, S.; SHARMA, I.; KAUR, N. e PATI, P. K. 2013. Auxin: a master regulator in plant root development. **Plant Cell Reports**. Berlin, v. 32, n. 6, p. 741-757.

SANTOS, G. R. 2016. **Propagação vegetativa de três espécies florestais utilizando estacas de grande porte**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM.

SCARAZATTI, B. e ANTONIO, I. C. 2016. **Boletim Agrometeorológico 2012: Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia AM-010**. Documentos/Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 32 p.

SCARIOT, E.; BONOME, L. T. S.; BITTENCOURT, H. V. H. e LIMA, C. S. M. 2017. Extrato aquoso de *Cyperus rotundus* no enraizamento de estacas lenhosas de *Prunus persica* cv. 'Chimarrita'. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 195-200.

SCHIMPL, F. C.; KIYOTA, E.; MAYER, J. L.; GONÇALVES, J. F.; DA SILVA, J. F. e MAZZAFERA, P. 2014. Molecular and biochemical characterization of

caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. **Phytochemistry**, v. 105, p. 25–36.

SCHIMPL, F. C.; DA SILVA, J. F.; GONÇALVES, J. F. C. e MAZZAFERA, P. 2013. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p.14–31.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. 2016. O cultivo e o mercado do guaraná - 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-guarana/>. Acesso: 05 de janeiro de 2020.

SILVA, C. P.; LACERDA, E. G.; SANCHES, L. F. J.; QUEIROZ, J. O. e MARCHIOTTI, R. C. B. 2019. Enraizamento de estacas de Jabuticabeira tratadas com ácido indolbutírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA). **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 3, p. 122-132.

SILVA, R. C.; ANTUNES, M. C.; ROVEDA, L. F.; CARVALHO, T. C. e BIASI, L. A. 2012. Enraizamento de estacas de *Melaleuca alternifolia* submetidas a diferentes reguladores vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1643-1652.

SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; CORDEIRO, M. C. T.; PEREIRA, E. B. C. e PEREIRA, A. V. 2011. Propagação vegetativa de *Brosimum gaudichaudii* por estacas de raízes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 151-156.

SILVA, F. V. C.; CASTRO, A. M.; CHAGAS, E. A. e PESSONI, L. A. 2009. Propagação vegetativa de camu-camu por estaquia: efeito de fitorreguladores e substratos. **Revista AgroAmbiente**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 92-98.

SILVA, C. P. 2008. **Enraizamento de estacas de pinheira** (*Annona squamosa* L.), **graviroleira** (*Annona muricata* L.) e **atemoeira** (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* L.) **tratadas com ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenoacético (ANA) e bioestimulante**. 140 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SIMÕES, C. L. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A. e PETROVICK, P. R. 2003. *Farmacognosia: da Planta ao Medicamento*. 5. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS; Florianópolis: UFSC, 821 p.

SIMON, S. e PETRÁSEK, J. 2011. Por que as plantas precisam de mais do que um tipo de auxina. **Plant Science**, Limerick, v. 180, p. 454-460.

SOMNER, G. V.; FERRUCCI, M. S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; PERDIZ, R.; COELHO, R. L. G. e MEDEIROS, H. 2015. Sapindaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB216. Acesso: 02 de fevereiro de 2019.

SOUZA, R. R.; CAVALCANTE, M. Z.; LIMA, M. P.; ALEXANDRE, T. F. e NASCIMENTO, R. T. 2015. Propagação vegetativa de hibisco com diferentes tipos de estacas e concentrações de ácido indolbutírico. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 291- 296.

SOUZA, A. G. C.; SOUSA, N. R.; SILVA, S. E. L.; NUNES, C. D. M.; CANTO, A. C. e CRUZ, L. A. A. 1996. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília: Embrapa-SPI; Manaus: Embrapa-CPAA, 204 p.

STEVENS, P. F. 2001. Angiosperm Phylogeny Website, Version 9. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso: 23 de janeiro de 2019.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. 2004. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p.

TOFANELLI, M. B. D.; FREITAS, P. L. e PEREIRA, G. E. 2014. 2,4-dichlorophenoxyacetic acid as an alternative auxin for rooting of vine rootstock cuttings.. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 36, n. 3, p. 664-672.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R. e SILVA, J. S. 2010. **Manual de fisiologia vegetal**. São Luis: Edufma, 230 p.

VIGNOLO, G. K.; PICOLOTTO, L.; GONÇALVES, M. A.; PEREIRA, I. S. E ANTUNES, L. E. C. 2014. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 467-472.

VIGNOLO, G. K.; FISCHER, D. L. O.; ARAUJO, V. F.; KUNDE, R. J. e ANTUNES, L. E. C. 2012. Enraizamento de estacas lenhosas de três cultivares de mirtilheiro com diferentes concentrações de AIB. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 795-800.

VISSER, E. J. W.; BLOM, C. W. P. M. e VOESENEK, L. A. C. J. 1996. Flooding-induced adventitious rooting in Rumex: morphology and development in an ecological perspective. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 45, p. 17–28.

WEAVER, R. J. 1982. Reguladores do crescimento de plantas na agricultura. 2. ed. Barcelona: Trillas, 540 p.

WOODWARD, A. W. e BARTEL, B. 2005. Auxina: regulação ação e interação. **Anais de Botânica**, Londres, v. 95, p. 707-735.

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

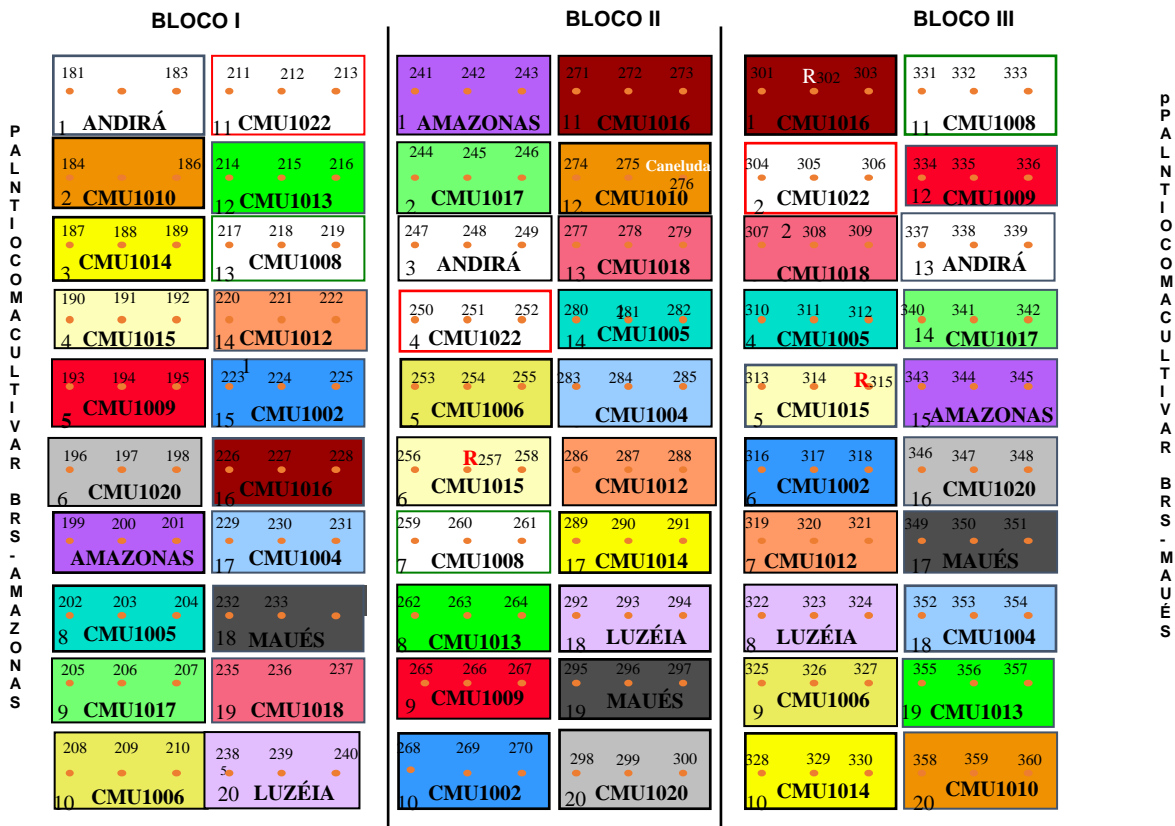
9. ANEXO 1 (CROQUI)

Projeto: 02.10.02.006.00.03	ME13-02	CROQUI Nº 2
Localização: FAZENDA JAYORO BR 174, KM 120 – MUNICÍPIO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO		
Experimento: Avaliação de Clones de Guaraná da Série 1000		

Plantio: Junho/2013 Local: Guaraná II – Bloco 106 Área: 0,40 ha	20 Tratamentos Delineamento – Blocos Casualizados 3 Repetições – 3 plantas por parcela
---	--

FRENTE PARA O BLOCO 201

← CARREADOR DIVISOR DO BLOCO 106 E 201 →



FUTURO PLANTIO COM A CULTIVAR BRS-MAUÉS

10. ANEXO 2 (CROQUI)

Localização: Embrapa Amazônia Ocidental, AM-010, KM 29 – Manaus/Itacoatiara

Experimento: Efeito das soluções enraizadoras AIB, 2,4- D e ANA em estacas de guaranazeiro

Plantio: Junho/2019

Local: Viveiro experimental para mudas

Delineamento – Blocos Casualizados

64 Tratamentos

2 Repetições – 10 estacas por parcelas

