

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE GUANANDI  
(*Calophyllum brasiliense* Cambess), INOCULADO COM  
MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO  
CRESCIMENTO**

Autor: Luiz Carlos Ramos dos Santos  
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

RIO VERDE, GO  
Janeiro, 2018

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE GUANANDI  
(*Calophyllum brasiliense* Cambess), INOCULADO COM  
MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO  
CRESCIMENTO**

Autor: Luiz Carlos Ramos dos Santos  
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de Concentração: Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

RIO VERDE, GO  
Janeiro, 2018

**Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SL953p Santos, Luiz Carlos Ramos dos  
Propagação vegetativa de guanandi (*Calophyllum*  
brasiliense Cambess), inoculado com micro-organismo do  
crescimento / Luiz Carlos Ramos dos Santos; orientador  
Edson Luiz Souchie; coorientador Alan Carlos Costa. --  
Rio Verde, 2018. 61 p.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia)  
-- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

1. fósforo. 2. estaquia. 3. substrato. 4. crescimento. 5.  
vegetal. I. Souchie, Edson Luiz, orient. II. Costa, Alan  
Carlos, coorient. III. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE GUANANDI  
(*Calophyllum brasiliense* Cambess), INOCULADO COM  
MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO  
CRESCIMENTO**

Autor: Luiz Carlos Ramos dos Santos  
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 26 de janeiro de 2018.

Prof. Dr. Claudecir Gonçalves  
Avaliador externo  
IF Goiano – Goiânia/GO

Prof. Dr. Alan Carlos Costa  
Avaliador interno  
IF Goiano – Campus Rio  
Verde

Prof. Dr. João das Graças Santana  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde

Dra. Juliana Silva Rodrigues Cabral  
Avaliadora externa  
Faculdade Objetivo – Rio Verde

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

**DEDICO...**

À minha Família, que sempre esteve ao meu lado dando força, carinho, solidariedade e, sobretudo, pelo amor incondicional. Aos mestres que souberam ensinar e guiar na direção correta para que esse crescimento seja possível e, que continuem indeterminadamente. Àqueles que nos inspiram e fazem sempre querer prosseguir e melhorar.

## AGRADECIMENTOS

São muitos aqueles a quem devo agradecer pelo sucesso desse empreendimento. Em primeiro lugar a Deus, por me dar a inspiração e os meios necessários para a realização de meus sonhos e poder, assim, vencer mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais José Sebastião dos Santos e Maria Conceição Ramos (*in memoriam*), ao meu filho Marcel Pereira Ramos (*in memoriam*), e toda a minha família Lilian Aparecida Martins Soares Ramos (esposa), Maria Vitória Martins Soares Ramos (filha) e Luís Felipe Martins Soares Ramos (filho), que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e por ter me incentivado nas minhas decisões procurando me estimular tomando para ela, nos momentos mais difíceis, toda minha ansiedade e preocupação.

Ao Professor Dr. Edson Luiz Souchie, meu orientador e amigo, meu agradecimento todo especial, por seu profissionalismo, paciência e pela oportunidade de me deixar compartilhar de seus conhecimentos. Também aos Professores Dr. Alan Carlos Costa, Dr. João das Graças Santana, meu apreço, pela orientação, dedicação, amizade e pelas sugestões feitas para enriquecimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia (PPGCA-AGRO) do IF Goiano – Campus Rio Verde e, especialmente, ao Laboratório de Microbiologia Agrícola, Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal e Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da instituição, pela confiança e oportunidades concedidas para minha formação, convivência respeitosa e contribuição profissional.

Em especial à Dr.<sup>a</sup> em Ciências Agrárias - Agronomia Isabel Cristina M. C. Jakoby “Bel”, por ter me ajudado durante todo o doutorado, desde o primeiro dia em que comecei a frequentar o Laboratório de Microbiologia Agrícola, vulgo “Toca dos Gatos”. Hoje, agradeço muito o esforço de todos para me ajudar a concluir esta etapa. Esse trabalho sem o apoio e ajuda de vocês não seria possível.

À Doutora Juliana Cabral, pela força, incentivo, amizade e ajuda nas avaliações, no Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal e no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais.

À minha sobrinha Yasmin Giovanna Santos Carvalho, aluna de Mestrado no Programa de Biodiversidade e Conservação do IF Goiano – Campus Rio Verde, que me ajudou em todas as etapas de todos os experimentos.

Aos amigos e colegas do PPGCA-AGRO do IF Goiano – Campus Rio Verde, pelo apoio, momentos difíceis e divertidos que passamos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, minha eterna gratidão.

**OBRIGADO!**

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Luiz Carlos Ramos dos Santos, natural de Rio Verde – GO, filho de José Sebastião dos Santos e Maria Conceição Ramos. Sua formação profissional iniciou em 1995, no curso de Ciências – Habilitação em Biologia – Licenciatura Plena pela Universidade de Rio Verde - FESURV. Em 2001, *Lato sensu* em Orientação Educacional – Universidade Salgado de Oliveira – UNIVERSO. Em 2003, *Lato sensu* em Biologia Aplicada a Saúde pela Universidade de Rio Verde- FESURV. Em 2005, *Lato sensu* em Capacitação para Professor do Ensino Médio em Ciências da Natureza – Química pela Universidade de Brasília – UnB. Em 2009, cursou *Lato sensu* para Especialista em Educação Profissional Integrada à Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos pelo IF Goiano - Campus Rio Verde. Em 2011, Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia no IF Goiano – Campus Rio Verde, concluindo-o em março de 2013. Em março de 2014, iniciou o Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia no IF Goiano – Campus Rio Verde.

## ÍNDICE

	Página
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	xi
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	xii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES</b>	xiii
<b>RESUMO</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xv
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	01
<b>1. 1.</b> O gênero <i>Calophyllum</i> e a espécie <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	02
<b>1. 2.</b> Descrição morfológica e fenológica	03
<b>1. 3.</b> Micro-organismos solubilizadores de fosfato	07
<b>2. OBJETIVO GERAL</b>	08
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	09
<b>3. CAPÍTULO I</b>	14
<b>SUBSTRATOS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESTACAS DE GUANANDI (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess)</b>	14
<b>RESUMO</b>	15
<b>ABSTRACT</b>	16
<b>3. 1. INTRODUÇÃO</b>	17
<b>3. 2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	18
<b>3. 2. 1.</b> Substratos	18
<b>3. 2. 2.</b> Estacas	19
<b>3. 2. 3.</b> Instalação do Experimento	19
<b>3. 2. 4.</b> Avaliações fisiológicas e biométricas	19
<b>3. 2. 5.</b> Análise estatística	20
<b>3. 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	20
<b>3. 4. CONCLUSÕES</b>	23
<b>3. 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	24
<b>4. CAPÍTULO II</b>	30
<b>PROPAGAÇÃO CLONAL DE GUANANDI INOCULADO COM MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO</b>	30
<b>RESUMO</b>	31
<b>ABSTRACT</b>	32
<b>4. 1. INTRODUÇÃO</b>	33
<b>4. 2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	34
<b>4. 2. 1.</b> Substratos	34
<b>4. 2. 2.</b> Estacas	35
<b>4. 2. 3.</b> Inoculação de micro-organismos	35
<b>4. 2. 4.</b> Avaliações fisiológicas e biométricas	35

4.2.5.	Análise estatística	36
4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.4.	CONCLUSÕES	37
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
5.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	
<b>Figura 1.</b> Exemplar de árvore adulta de guanandi ( <i>C. brasiliense</i> ) (IBF)	04
<b>Figura 2.</b> Folhas de guanandi ( <i>C. brasiliense</i> ) (IBF)	05
<b>Figura 3.</b> Frutos (A) (IBF) e sementes de guanandi ( <i>C. brasiliense</i> ) (B) (IBF)	05
<b>CAPÍTULO I - SUBSTRATOS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESTACAS DE GUANANDI (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess)</b>	
<b>Figura 1.</b> Estacas de guanandi após 120 dias de cultivo nos substratos: Bioplant <sup>®</sup> (A); Solo + areia (1:1) (B); Solo + areia + vermiculita (1:1:1) (C); Solo + areia + vermiculita (1:2:1) (D) e Solo + areia + vermiculita (1:1:2) (E). Barra = 10 mm	28
<b>CAPÍTULO II - PROPAGAÇÃO CLONAL DE GUANANDI, INOCULADO COM MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO</b>	
<b>Figura 1.</b> Estacas de guanandi	42
<b>Figura 2.</b> Médias Fo substrato S + A com diferentes inóculos; SAC - S + A Controle (A). Médias Fo substrato Bioplant com diferentes inóculos; BIOC - Bioplant Controle (B). Médias Fo substrato S + A + V com diferentes inóculos; SAVC - S + A+ V Controle (C)	42
<b>Figura 3.</b> Médias Fv/Fm substrato S + A com diferentes inóculos; SAC - S + A Controle (A). Médias Fo substrato Bioplant com diferentes inóculos; BIOC - Bioplant Controle (B). Médias Fo substrato S + A + V com diferentes inóculos; SAVC - S + A+ V Controle (C)	43
<b>Figura 4.</b> Fluorescência de imagem Fo para S + A com diferentes inóculos (1); fluorescência de imagem Fo para Bioplant com diferentes inóculos (2); fluorescência de imagem Fo para S + A+ V com diferentes inóculos (3). Controle (A); FM1 (B); FM2 (C); 79F2 (D); 79F5 (E)	43
<b>Figura 5.</b> Fluorescência de imagem Fv/Fm para S + A com diferentes inóculos (1); fluorescência de imagem Fv/Fm para Bioplant com diferentes inóculos (2); fluorescência de imagem Fv/Fm para S + A+ V com diferentes inóculos (3). Controle (A); FM1 (B); FM2 (C); 79F2 (D); 79F5 (E)	44

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO I - SUBSTRATOS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESTACAS DE GUANANDI (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess)</b>	
<b>Tabela 1.</b> Caracterização química de Bioplant® antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	27
<b>Tabela 2.</b> Análise química de substratos antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	27
<b>Tabela 3.</b> Análise física de substratos antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	28
<b>Tabela 4.</b> Porcentagem de sobrevivência de plantas e número médio de gemas de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	28
<b>Tabela 5.</b> Clorofila <i>a</i> , relação clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	29
<b>Tabela 6.</b> Taxa fotossintética, condutância estomática, concentração interna/externa de CO <sub>2</sub> , eficiência do uso da água de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	29
<b>CAPÍTULO II - PROPAGAÇÃO CLONAL DE GUANANDI, INOCULADO COM MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO</b>	
<b>Tabela 1.</b> Porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi, cultivadas em substratos com diferentes inóculos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	45
<b>Tabela 2.</b> Avaliações biométricas de mudas de guanandi, cultivadas em substratos com diferentes inóculos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.	45

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>AIA</b>	Ácido Indolacético
<b>C</b>	Carbono
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b>FMA</b>	Fungo Micorrízico Arbuscular
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Água
<b>F<sub>o</sub></b>	Fluorescência Inicial
<b>F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub></b>	Eficiência quântica potencial do fotossistema II
<b>IBF</b>	Instituto Brasileiro de Florestas
<b>INPA</b>	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>MSF</b>	Micro-organismo Solubilizador de Fosfato
<b>P</b>	Fósforo
<b>PGPM</b>	Micro-organismos promotores de crescimento em plantas (Plant growth promoting microorganisms)
<b>S+A</b>	Solo + Areia (1:1)
<b>S+A+V1</b>	Solo + Areia + Vermiculita (1:1:1)
<b>S+A+V2</b>	Solo + Areia + Vermiculita (1:2:1)
<b>S+A+V3</b>	Solo + Areia + Vermiculita (1:1:2)
<b>SISVAR</b>	Sistema de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos
<b>v/v</b>	Volume por Volume

## RESUMO

SANTOS, LUIZ CARLOS RAMOS DOS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, janeiro de 2018. **Propagação vegetativa de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), inoculado com micro-organismos solubilizadores de fosfatos.** Orientador: Edson Luiz Souchie.

A solubilização de fosfatos por micro-organismos é um importante processo para a disponibilização de fósforo (P) às plantas. O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) é uma espécie arbórea que ocorre naturalmente desde o México até a América do Sul. No Brasil, tem alto valor econômico pela ampla utilização para os mais diversos fins, tais como construção civil, marcenaria, construção naval, além de ser utilizada no combate a diversas doenças. Com este trabalho, objetivou-se avaliar substratos para a produção de mudas de guanandi, a partir de estaquia e selecionar micro-organismos promotores do crescimento vegetal para incrementar sua produção de mudas. A propagação por estaquia na espécie arbórea guanandi é possível em todos os substratos testados. Dentre os substratos testados, destaca-se o solo + areia (1:1), principalmente associado ao isolado bacteriano solubilizador de fosfatos 79F5. Há micro-organismos solubilizadores de fosfatos que incrementam a produção clonal de mudas de guanandi. A propagação de guanandi, por estaquia, utilizando o substrato solo + areia (1:1) e aliada à inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos 79F5 é a forma mais eficiente e barata para produção de mudas desta espécie.

**Palavras-chave:** fósforo, estaquia, substrato, promoção do crescimento vegetal.

## ABSTRACT

SANTOS, LUIZ CARLOS RAMOS DOS. Goiano Federal Institute - Rio Verde Campus - GO, January, 2018. Vegetative propagation of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), inoculated with phosphate solubilizing microorganisms. Advisor: Edson Luiz Souchie.

The solubilization of phosphates by microorganisms is an important process for the availability of phosphorus (P) to plants. The guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) is a tree species that occurs naturally from Mexico to South America. In Brazil, it has a high economic value due to its use for a wide variety of purposes, such as construction, carpentry, shipbuilding, as well as to fight against various diseases. The objective of this work was to evaluate substrates for the production of guanandi seedlings from minicuttings and to select microorganisms that promote plant growth in order to increase seedlings production. Propagation by minicutting in guanandi tree species is possible in all tested substrates. Among the substrates tested, the soil + sand (1: 1), mainly associated to the bacterial isolate phosphoric 79F5, stands out. There are phosphate solubilizing microorganisms that increase the clonal production of guanandi seedlings. The guanandi propagation, by minicutting, using the substrate soil + sand (1: 1) and allied to the inoculation of bacterial isolate 79F5 phosphate solubilizer is the most efficient and inexpensive way to produce seedlings of this species.

**Key words:** phosphorus, minicut, substrate, plant growth promotion

## 1. INTRODUÇÃO

O investimento para o reflorestamento das florestas brasileiras tem aumentado visando espécies nativas nos últimos anos, isso se deve principalmente ao conhecimento adquirido sobre estas espécies. Porém, estudos voltados para a produção de mudas de espécies nativas e seu manejo florestal ainda são poucos, visto que muitas dessas espécies se destacaram primeiramente, em estudos farmacológicos e não para reflorestamento. Para realizar o reflorestamento, o conhecimento sobre técnicas de propagação é de extrema importância (MARANHO & PAIVA, 2012; MARANHO et al., 2013). Além de fatores como a resistência e uso de nativas por fazendeiros, levando em consideração que o Brasil tem vários biomas, implicando em climas e solos variados, além do tempo de retorno econômico visando apenas utilização da madeira (BACHA, 2008).

No ano de 2006, florestas plantadas representavam cerca de 0,6% do território brasileiro, com espécies introduzidas e entre elas o eucalipto e pinus se destacam como as principais espécies de reflorestamento, mas apesar de serem importantes no ponto de vista econômico, no que tange o ecológico, estas espécies diminuem a biodiversidade em sua área, pois criam os desertos verdes (VITAL, 2007; VIANI et al., 2010). Este fator fez com que muitos países passassem a optar pela seleção de espécies nativas promissoras, buscando principalmente a manutenção da vida silvestre a partir da conservação de seu habitat (PIOTTO et al., 2003; PIOTTO et al., 2005).

No Brasil, a demanda por madeira tem crescido rapidamente e exponencialmente, assim como a pressão por parte de ambientalistas contra o desmatamento. Demonstrando que formas alternativas para a retirada de madeira que conciliem o desenvolvimento econômico com a manutenção do meio ambiente e sua biodiversidade é algo de extrema importância. Com isto estudos com a espécie *Calophyllum brasiliense* (guanandi) vem sendo realizados visando uma alternativa para o reflorestamento (ARTUR et al, 2007; CIRIELLO et al., 2014).

O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), é uma das espécies nativas visadas para o reflorestamento por ter madeira de qualidade e crescimento acontecer de forma moderada (SCHULTZ, 2011), além de ser a primeira madeira de lei do Brasil segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), utilizada para a construção de embarcações, mobília e outros. Pode ser encontrada da Amazônia até o norte de Santa Catarina, e está presente em todas as regiões do nosso país e em 4 biomas (BITTRICH, 2015; NERY et al., 2016).

Sua maior fonte natural em nosso país é a Floresta Amazônica na região norte, e a região que apresenta o maior polo consumidor das madeiras nativas em toras se encontra na região da Mata Atlântica, sudoeste do país, aumentando de forma significativa a taxa de desmatamento.

Com a conseqüente diminuição da oferta dos produtos florestais, aliados a consciência de preservação de espécies silvestres, surgiu o interesse de estabelecer florestas plantadas para fins comerciais com espécies nativas e de preferência de alto valor comercial, para suprir a demanda presente e futura de madeiras nobres além de realizar a manutenção da biodiversidade em nosso país (NAVARRO, 2007; VITAL, 2007; VIANI et al., 2010).

### **1. 1 - O gênero *Calophyllum* e a espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess**

O gênero *Calophyllum* é bastante estudado na área medicinal, a espécie *C. inophyllum* por exemplo desde o início da década de 1990 vem sendo estudada para o uso no tratamento de HIV, por ter produtos naturais bioativos como cumarina anti-HIV-1 (LAURE et al., 2008), no início do século XXI, suas substâncias passaram a ser estudadas para o tratamento do câncer (ITOIGAWA et al., 2001). Outras espécies do gênero têm sido estudadas como potenciais para o tratamento de HIV, *C. lanigerum*, *C. cordato-oblongum* e *C. brasiliense* (WANG et al., 2006; CECHINEL FILHO et al., 2009; GARCÍA-ZEBADÚA et al., 2014). Além do uso na área medicinal, recentemente o gênero tem sido estudado na produção do seu biodiesel com *C. inophyllum* (ONG et al., 2011).

*Calophyllum brasiliense* Cambess é a espécie mais estudada na área medicinal do gênero *Calophyllum* na América, ocorre do México ao Brasil, conhecida mundialmente pela qualidade da madeira, sendo comumente utilizada em construção civil, carpintaria, construção naval, fabricação de barris de vinho, apicultura, plantio de

árvores em praças, produção de biodiesel uso veterinário e medicina popular (SILVA et al, 2010; OLIVEIRA et al, 2014; CIRIELLO & MORI, 2015; GOMEZ-VERJAN et al., 2015a). Pertencente à família Calophyllaceae (antiga Clusiaceae), o guanandi se adapta facilmente a vários tipos de solos pobres, rochoso, solos rasos, solos propensos a inundações (OLIVEIRA et al, 2014; ARALDI et al, 2015; BITTRICH, 2016; SILVEIRA et al., 2016). Esta espécie além de possuir madeira de qualidade e ser indicada para o reflorestamento pelo fato de seus frutos serem consumidos por várias espécies animal presentes em nossa fauna (LORENZI, 2008), também têm propriedades medicinais naturais, como por exemplo combate a doenças como HIV, leishmaniose, diabetes, reumatismo, hemorroidas e úlcera gástrica e câncer (ITO et al., 2006; CARVALHO, 2008; BERNABÉ-ANTONIO et al., 2010; HONDA et al., 2010; GARCÍA-ZEBADÚA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; GÓMEZ-VERJAN et al., 2015b; CARVALHO et al 2016; CARDOSO et al., 2016).

## **1. 2 - Descrição morfológica e fenológica**

O guanandi é uma planta que necessita de total exposição solar, característica essa exclusiva das florestas pluviais localizadas sobre solos úmidos e brejosos. Pode ser encontrado tanto na floresta primária densa como em vários estágios da sucessão secundária, como capoeiras e capoeirões. Possui dispersão ampla, porém descontínua; ocorre geralmente em grandes agrupamentos, chegando a formar populações puras, capaz de crescer potencialmente dentro da água e até em áreas de mangue (LORENZI, 2008).

Em uma cartilha disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) Silva (2005) descreve esta espécie como sendo uma árvore de grande porte, que pode atingir altura entre 15 e 50 m e diâmetro à altura do peito entre 30 e 180 cm (Figura 1). O fuste é ereto, cilíndrico, a copa é piramidal a ovoide. A casca, de coloração parda, é fissurada fusiforme, dura, aromática, amargosa e ácida.



**Figura 1.** Exemplar de árvore adulta de guanandi (*C. brasiliense*).

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Florestas (IBF).

As folhas são decussadas, pecioladas, simples, inteiras, elípticas, oblongas ou oblongas-lanceoladas, brilhantes em ambas as faces, sem cera, coriáceas, glabras ou esparsamente pubérulas com pelos claros; a base é emarginada ou cuneada; o ápice é agudo, obtuso ou arredondado; as nervuras laterais são numerosas, paralelas, muito próximas entre si e proeminentes em ambas as faces (Figura 2). As plantas são andromonoicas. As inflorescências são racemosas ou compostas de ramos curtos, com 2-10 flores axilares ou terminais; os pedicelos medem entre 2 e 5 mm; as flores têm pétalas reflexas de coloração creme-amarelada, com estames numerosos nas flores masculinas e poucos nas hermafroditas; as anteras são oblongas; o ovário súpero unilocular é ovoide nas flores hermafroditas; o estilete é curto; o estigma é obtuso. Os eventos reprodutivos são anuais e a frutificação pode ser observada entre 4 e 5 anos de idade, é possível observar flores no primeiro semestre e frutos no segundo semestre do ano na Amazônia, já em Curuá - Uma (PA), observou-se a floração entre março e abril e a frutificação entre maio e junho (SILVA, 2005; EMBRAPA, 2007), em São Paulo observa-se a floração nos meses de novembro e dezembro com frutificação de janeiro a outubro (FISCHER & SANTOS, 2001).



**Figura 2.** Folhas de guanandi (*C. brasiliense*).

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Florestas (IBF).

Os frutos são globosos, ovoides ou elipsoides, classificados por muitos como uma drupa e por outros como um bacáceo, com 2,5 - 3 cm de diâmetro; o epicarpo coriáceo apresenta coloração verde, verde-clara a verde-amarelada; o mesocarpo carnoso de coloração amarelada com abundante látex da mesma coloração; o endocarpo é delgado; cada fruto contém geralmente 1 semente (Figura 3A). A semente é globosa, ovoide ou esférica, medindo cerca de 1,0 - 2,5 cm de comprimento e 1,4 - 2,2 cm de diâmetro; a superfície é castanho-claro, fosca, densa, dura, glabra e rugosa, por causa de saliências resinosas; os cotilédones são carnosos (Figura 3B). A plântula apresenta caulículo glabro, rugoso e coloração verde – escura; as folhas são decussadas, curto pecioladas, simples, agudo-lanceoladas e glabras (SILVA, 2005). A dispersão dos frutos desta espécie ocorre por meio de morcegos, realizada principalmente pelo gênero *Artibeus* (MELLO et al., 2005; SILVA, 2005), enquanto roedores e pássaros são considerados secundários, a água também pode contribuir para a dispersão dos frutos de guanandi contribuindo para o fluxo gênico da espécie via sementes (NÉRI, 2011).



**Figura 3.** Frutos (A) e sementes de guanandi (*C. brasiliense*) (B).

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Florestas (IBF).

Ampla distribuição no Brasil, a madeira do guanandi é utilizada desde o século XVII para a construção naval, em virtude da durabilidade e resistência à água. Foi explorado predatoriamente pelos brasileiros, até sua quase extinção. Pela sua importância na construção naval, em 1810, o governo Imperial reservou para o Estado, o monopólio de exploração da sua madeira, sendo, portanto, historicamente a primeira Madeira de Lei do Brasil (LORENZI, 1992; LORENZI, 2008). Sua madeira está entre leve a moderadamente densa (0,45 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>), com rentabilidade e resistência mecânica médias e de estabilidade dimensional média, com superfície ligeiramente lustrosa, boa durabilidade e resistência (EMBRAPA, 2007)

Utilizada de forma medicinal *C. brasiliense* tem suas cascas retiradas para o preparo de chá que é utilizado para tratamento de reumatismo, hemorroidas e úlceras crônicas (CARVALHO, 2008), estudos demonstram que calanolídeos nessa espécie podem funcionar como uma das substâncias químicas mais ativas frente ao vírus HIV-1 (ITO et al., 2003; BERNABÉ-ANTONIO et al., 2010; MATSUDA et al., 2015). Silva et al. (2001) realizaram estudos com guanandi e observaram a presença de diversas substâncias químicas, tais como xantonas, sitosterol e triterpenos no caule e na resina. Além de estudos bioquímicos, estudos genéticos vêm sendo realizados a fim de determinar marcadores que possibilitem melhor enraizamento da espécie (SILVEIRA et al., 2016).

Apesar dos recentes estudos voltados para a área medicinal, o guanandi tem sido bastante estudado como alternativa para a produção de madeira de forma a utilizar espécies nativas, preservando a vida silvestre (NAVARRO, 2007; VITAL, 2007; VIANI et al., 2010).

O Instituto Brasileiro de Florestas (IBF) estima que o valor de mudas de guanandi esteja entre R\$ 6,00 e R\$ 15,00, entretanto o maior retorno financeiro ao se plantar guanandi gira em torno de R\$ 875 mil por hectare quando se utiliza as plantas não apenas para corte, mas também com a venda de suas sementes 18 anos após o plantio (MENDES et al., 2012). Já o *Eucalyptus*, atualmente mais utilizada para reflorestamento, em oito anos é possível ter de volta o valor investido, cerca de 41 mil (JANOSELLI et al., 2016). E segundo Navarro (2007) o plantio de *Calophyllum brasiliense* é mais viável economicamente do que o plantio de *Eucalyptus grandis*. Segundo Campos Filho e Sartorelli (2015) o crescimento médio anual (IMA) do guanandi é de 8,40 m<sup>3</sup>/ha/ano, em

um ciclo de 20 anos, pode produzir até 168 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, e o valor da madeira em pé chega a 370 reais por m<sup>3</sup>.

### **1.3 - Micro-organismos solubilizadores de fosfato**

O fósforo é essencial para o crescimento e produtividade de espécies vegetais, atuando na transferência de energia dentro da célula, na respiração, na fotossíntese (GRANT et al., 2001). A deficiência de fósforo pode resultar em pequenas folhas, desenvolvimento lento e caule fraco (SHARMA et al., 2017), porém o fósforo não possui grande fonte atmosférica disponível para o desenvolvimento de plantas, como é o caso do nitrogênio (KARPAGAM & NAGALAKSHMI, 2014).

A maior parte do fosfato natural não pode ser absorvido pelas plantas por não estar em uma forma solúvel. E a maioria dos solos encontrados em território brasileiro possuem baixa disponibilidade de fósforo solúvel, tornando necessário o uso de adubos fosfatados visando melhor produtividade (ALVES et al., 2002), porém uma forma de sanar essa deficiência sem a aplicação de adubos seria a utilização de micro-organismos presentes no solo que podem dissolver o fosfato insolúvel e torná-lo solúvel para espécies vegetais (SHARMA et al., 2017).

Com isso nos últimos anos pesquisadores vêm passando a utilizar micro-organismos solubilizadores de fosfato (MSF), tornando importante para o suprimento de fósforo das plantas, pois possuem habilidade de mineralizar fosfatos orgânicos e solubilizar fosfatos inorgânicos (SILVA FILHO & VIDOR, 2001; SOUCHIE & ABBOD, 2007). Para *Calophyllum brasiliense* Rezende et al, (2014) e Santos et al, (2015) encontraram os melhores MSF e produtores de AIA. Esse conhecimento pode modificar a forma em que a estaquia é executada atualmente.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Avaliar diferentes substratos para a produção de mudas de guanandi, a partir de estaquia e selecionar micro-organismos promotores do crescimento vegetal para incrementar sua produção de mudas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.; MENDOZA, E. A.; SILVA FILHO, G. N. Micro-organismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de pínus e eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 939 - 947. 2002.

ARALDI, R.; CORNIANI, N.; TROPALDI, L.; GIROTTO, M.; BELAPART, D.; SIMÕES, P.S.; VELINI, E.D. Chlorophyll fluorescence in guanandi tree (*Calophyllum brasiliense*) after herbicide application. **Planta Daninha**, v. 33, p. 77-82. 2015.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 843-850, 2007.

BACHA, C. J. C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, v. 55, p. 5-24, 2008.

BERNABÉ-ANTONIO, A., ESTRADA-ZÚÑIGA, M. E., BUENDÍA-GONZÁLEZ, L., REYES-CHILPA, R., CHÁVEZ-ÁVILA, V. M., & CRUZ-SOSA, F. Production of anti-HIV-1 calanolides in a callus culture of *Calophyllum brasiliense* (Cambes). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 103, p. 33-40, 2010.

BITTRICH, V., TRAD, R.J., CABRAL, F.N., NASCIMENTO-JR, J. E., SOUZA, V.C. 2015. *Calophyllaceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6827>>. Acesso: 03 de setembro de 2016.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 485-494. 2008.

CARVALHO, H. O.; FARIA E SOUZA, B. S.; SANTOS, I. V. F.; RESQUE, R. L.; KEITA, H.; FERNANDES, C. P.; CARVALHO, J. C. T. Hypoglycemic effect of formulation containing hydroethanolic extract of *Calophyllum brasiliense* in diabetic rats induced by streptozotocin. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, p. 634-639, 2016.

CAMPOS FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. **Guia de árvores com valor econômico**. São Paulo: Iphis Gráfica e Editora, 2015. p. 106.

CARDOSO, B. M.; MELLO, T. F. P.; LERA, D. S. L.; BRENZAN, M. A.; CORTEZ, D. A. G.; DONATTI, L.; SILVEIRA, T. G. V.; LONARDONI, M. V. C. Antileishmanial Activity of a *Calophyllum brasiliense* Leaf Extract. **Planta Medica**, 2016.

CECHINEL FILHO, V.; MEYRE-SILVA, C.; NIERO, R. Chemical and pharmacological aspects of the genus *Calophyllum*. **Chemistry & biodiversity**, v. 6, p. 313-327, 2009.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**, v. 20, p. 653-660, 2014.

CIRIELLO, V.; MORI, E. S. Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) cuttings using indole-butyric acid. **Cerne**, v. 21, p. 641-648, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção de Mudanças de Guanandi. Comunicado Técnico 17. ISSN 1517 5030. Colombo, PR. Agosto, 2007. Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16821/1/com\\_tec177.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16821/1/com_tec177.pdf). Acesso em: 01 de setembro 2017.

FISCHER, E.; SANTOS, F. A. M. dos. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 903-909, 2001.

GARCÍA-ZEBADÚA, J. C.; MAGNOS-GUERRERO, G. A.; MUMBRÚ-MASSI, M.; ESTRADA-MUÑOZ, E.; CONTRERAS-BARRIOS, M. A.; HUERTA-REYES, M.; CAMPOS-LARA, M. G.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; REYES-CHILPA, R. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase, toxicological and chemical profile of *Calophyllum brasiliense* extracts from Chiapas, Mexico. **Fitoterapia**, v. 82, p. 1027-1034, 2011.

GARCÍA-ZEBADÚA, J. C.; REYES-CHILPA, J. C.; HUERTA-REYES, R.; CASTILLO-ARELLANO, J. I. El árbol tropical *Calophyllum brasiliense*: una revisión botánica, química y farmacológica. **Vitae - Revista De La Facultad De Química Farmacéutica, Medellín**, v. 21, p. 126-145, 2014.

GRANT, C.A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**. n. 95. 2001.

GOMEZ-VERJAN, J. C.; GOMEZ-VERJAN, J. C.; ESTRELLA-PARRA, E. A.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; RIVERO-SEGURA, N. A.; VAZQUEZ-MARTINEZ, R.; MAGOS-GUERRERO, G.; MENDOZA-VILLANUEVA, D.; CERBÓN-CERVANTES, M. A.; REYES-CHILPA, R. Toxicogenomic analysis of pharmacological active coumarins isolated from *Calophyllum brasiliense*. **Genomics data**, v. 6, p. 258-259, 2015a.

GÓMEZ-VERJAN, J.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; ESTRELLA-PARRA, E.; REYES-CHILPA, R. Trends in the chemical and pharmacological research on the tropical trees *Calophyllum brasiliense* and *Calophyllum inophyllum*, a global context. **Scientometrics**, v. 105, p. 1019-1030, 2015b.

HONDA, P. A.; FERREIRA, I. C. P.; CORTEZ, D. A. G.; AMADO C. A. B.; SILVEIRA, T. G. V.; BREZAN, M. A.; LONARDONI, M. V. C. Efficacy of components from leaves of *Calophyllum brasiliense* against *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. **Phytomedicine**, v. 17, p. 333-338, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF) - GUANANDI. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/news/arquivos/materialguanandi.pdf>> Acesso em 10 de dezembro de 2016.

ITO, C.; ITOIGAWA, M.; MISHINA, Y.; CECHINEL-FILHO, V.; ENJO, E.; TOKUDA, H.; NISHINO, H.; FURUKAWA. Chemical Constituents of *Calophyllum brasiliense*. 2. Structure of Three New Coumarins and Cancer Chemopreventive Activity of 4-Substituted Coumarins. **Journal of Natural Products**, v. 66 p. 368-371, 2003.

ITO, C.; MURATA, T.; ITOIGAWA, M.; NAKAO, K.; KANEDA, N.; FURUKAWA, H. Apoptosis inducing activity of 4-substituted coumarins from *Calophyllum brasiliense* in human leukaemia HL-60 cells. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 58, p. 975-980, 2006.

ITOIGAWA, M.; ITO, C.; TAN, H. T. W.; KUCHIDE, M.; TOKUDA, H.; NISHINO, H.; FURUKAWA, H. Cancer chemopreventive agents, 4-phenylcoumarins from *Calophyllum inophyllum*. **Cancer Letters**, v. 169, p. 15-19, 2001.

JANOSELLI, H. R. D.; HARBS, R.; MENDES, F. L. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no interior de São Paulo. **Revista iPecege**, v. 2, p. 24-45, 2016.

KARPAGAM, T.; NAGALAKSHMI, P. K. Isolation and characterization of phosphate solubilizing microbes from agricultural soil. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, p. 601-614, 2014.

LAURE, F.; RAHARIVELOMANANA, P.; BUTAUD, J. F.; BIANCHINI, J. P.; GAYDOU, E. M. Screening of anti-HIV-1 inophyllums by HPLC–DAD of *Calophyllum inophyllum* leaf extracts from French Polynesia Islands. **Analytica Chimica Acta**, v. 624, p. 147-153, 2008.

LORENZI, H. **Manual de identidade e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, p. 134, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. vol. 1/5. pg. 98 Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

MARANHO, A. S.; PAIVA, A. V. Produção de mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Revista Floresta**, v. 42, p. 399-408, 2012.

MARANHO, A. S.; PAIVA, A. V.; PAULA, S. R. P. Crescimento inicial de espécies nativas com potencial madeireiro na amazônia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, p. 913-921, 2013.

MATSUDA, K.; HATTORI, S.; KARIYA, R.; KOMIZU, Y.; KUDO, E.; GOTO, H.; TAURA, M.; UEOKA, R.; KIMURA, S.; OKADA, S. Inhibition of HIV-1 entry by the tricyclic coumarin GUT-70 through the modification of membrane fluidity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 457, p. 288-294, 2015.

MELLO, M. A. R.; LEINER, N. O.; GUIMARÃES, P. R.; JORDANO, P. Size-based fruit selection of *Calophyllum brasiliense* (*Clusiaceae*) by bats of the genus *Artibeus* (*Phyllostomidae*) in a Restinga area, Southeastern Brazil. **Acta Chiropterologica**, v. 7, p. 179-182, 2005.

MENDES, V. H. Análise da viabilidade econômica da cultura do Guanandi: um estudo de caso no Município de Prudentópolis (PR). 2012. 44f. Trabalho de Conclusão (Especialização Gestão de Negócios Financeiros) – Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

NAVARRO, E. C. Viabilidade econômica do *Calophyllum brasiliense* (Guanandi). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 9, 2007.

NÉRI, J. Análise dos padrões filogeográficos de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Calophyllaceae). 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NERY, F. C.; PRUDENTE, D. O.; ALVARENGA, A. A.; PAIVA, R.; NERY, M. C. Desenvolvimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, p. 187-192, 2016.

OLIVEIRA, M. C.; LEMOS, L. M. S.; OLIVEIRA, R. G.; DALL’OGLIO, E. L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. S.; MARTINS, D. T. O. Evaluation of toxicity of *Calophyllum brasiliense* stem bark extract by in vivo and in vitro assays. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 155, p. 30-38, 2014.

ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; NORHASYIMA, R. S. Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 3501-3515, 2011.

PIOTTO, D., MONTAGININI, F., UGALDE, L., KANNINEN, M. Performance of forest plantations in small and medium-sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 195-204, 2003.

PIOTTO, D. **Projeto técnico de reflorestamento fazenda São Gabriel**, 2005. 27p.

REZENDE, M. P.; JAKOBY, I. C. M. C.; SANTOS, L. C. R. dos; PEREIRA, F. D.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. Phosphate solubilization and phytohormone production by endophytic and rhizosphere *Trichoderma* isolates of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess). **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, p. 2616-2623. 2014.

SANTOS, L. C. R. dos; JAKOBY, I. C. M. C.; SOARES, M. A.; SOUCHIE, E. L.; COSTA, A. C. Isolation and selection of P-solubilizing and IAA-synthesizing microorganisms from the rhizosphere of Guanandi (*Calophyllum brasiliense*). **African Journal of Microbiology Research**, v. 10, p. 4455-4460, 2015.

SHARMA, S.; KUMAR, V.; TRIPATHI, R. B. Isolation of phosphate solubilizing microorganism (PSMs) from soil. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**, v. 1, p. 90-95, 2017.

SILVA, K. E. **Jacareúba *Calophyllum brasiliense* Cambess**. INPA, 2005.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de micro-organismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, p. 1495-1508, 2001.

SILVA, R. L.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por estaquia. **Agronomía Costarricense**, v. 34, p. 99-104, 2010.

SOUCHIE, E. L.; ABBOUD, A. C. S. Solubilização de fosfato por micro-organismos rizosféricos de genótipos de Guandu cultivados em diferentes classes de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, p. 11-18, 2007.

SILVEIRA, S. S.; SCHÜHLI, G. S.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; QUOIRIN, M. G. G. Análise da capacidade de enraizamento in vitro de *Calophyllum brasiliense* utilizando marcadores RAPD. **Scientia Forestalis**, v. 44, p. 527-535, 2016.

SCHULTZ, J. 2011. *Calophyllum brasiliense*: Olandi. In: CORADIN, L., SIMINSKI, A. & REIS, A. (Eds.) **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro – Região Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, v. 20, p. 533-552, 2010.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

WANG, L.; MA, T.; LIU, G. Recent progress in *Calophyllum coumarins* as potent anti-HIV agents. **Medicinal Chemistry of Bioactive Natural Products**, p. 325, 2006.

### **3. CAPÍTULO I**

**SUBSTRATOS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE  
ESTACAS DE GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess)**

## SUBSTRATOS PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESTACAS DE GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess)

(Normas de acordo com a revista Semina – Ciências Agrárias)

**RESUMO:** O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) é uma espécie arbórea nativa do Brasil. A madeira é resistente com boa durabilidade e características semelhantes ao do mogno. A propagação, via sementes, é limitada, pela dificuldade para obtenção das sementes durante todo o ano, sendo sua propagação assexuada uma alternativa para maximizar a produção de mudas. Objetivou-se com este trabalho avaliar substratos para a produção de mudas de guanandi, a partir de estacas, em casa de vegetação. Um ensaio foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, contendo cinco tratamentos e 20 repetições, cada uma constituída por uma plântula em um tubete. O experimento foi conduzido na casa de vegetação. As sementes foram germinadas em areia e, após 60 dias obtiveram-se estacas que foram transferidas para tubetes contendo Bioplant<sup>®</sup>, Solo + Areia (1:1), Solo + Areia + Vermiculita (1:1:1), Solo + Areia + Vermiculita (1:2:1), Solo + Areia + Vermiculita (1:1:2). Após 90 dias, as estacas foram transferidas para uma área a pleno sol. Ao final de 120 dias, foram feitas avaliações fisiológicas e de biométricas. A propagação de guanandi, por estaquia, é possível em todos os substratos testados. O substrato solo + areia grossa (1:1) proporciona maior porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi, assim como maior teor de clorofila *a*. Os quatro substratos testados: solo + areia (1:1), solo + areia + vermiculita (1:1:1), solo + areia + vermiculita (1:2:1) e solo + areia + vermiculita (1:1:2), possibilitam maior taxa fotossintética e eficiência do uso da água.

**Palavras-chave:** Reprodução assexuada, espécie nativa, casa-de-vegetação.

**SUBSTRATES FOR THE VEGETATIVE PROPAGATION OF GUANANDI  
(*Calophyllum brasiliense* Cambess) MINICUTTINGS**

(Norms according to the magazine Semina - Agrarian Sciences)

**ABSTRACT:** The guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) is a tree species native from Brazil, which its hardwood is durable with good durability and features similar to that of mahogany. Its propagation, by seeds, is limited, due to the difficulty to obtain the seeds throughout the year, and its asexual propagation is an alternative to maximize the production of seedlings. The objective of this work was to evaluate substrates for the production of guanandi seedlings, from minicuttings, in greenhouse. One trial was installed in a completely randomized design, containing five treatments and 20 replicates, each consisting of a seedling in a tube. The experiment was carried out in the greenhouse. The seeds were germinated in sand and after 60 days minicuttings were obtained and transferred to tubes containing Bioplant®, Soil + Sand (1: 1), Soil + Sand + Vermiculite (1: 1: 1), Soil + Vermiculite (1: 2: 1), Solo + Sand + Vermiculite (1: 1: 2). After 90 days, the minicuttings were transferred to an area in full sun. At the end of 120 days, physiological and biometric evaluations were performed. The propagation of guanandi by minicutting is possible in all tested substrates. The substrate soil + coarse sand (1: 1) provides a higher percentage of guanandi seedlings survival, as well as higher chlorophyll content. (1: 1), soil + sand + vermiculite (1: 1: 1), soil + sand + vermiculite (1: 2: 1) and soil + sand + vermiculite 2), allow higher photosynthetic rates and water use efficiency.

**Key words:** Asexual reproduction, native species, greenhouse.

### 3.1. INTRODUÇÃO

A demanda por espécies florestais nativas no Brasil com potencial madeireiro, tem aumentado de forma expressiva ao longo dos anos, para serem utilizadas nos mais diversos fins (ARTUR et al., 2007; CIRIELLO et al., 2014). Entre as espécies arbóreas nativas do Brasil, o guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) destaca-se pelo potencial de uso na silvicultura e madeira de altíssima qualidade, denominada madeira nobre (ARTUR et al., 2007; OLIVEIRA; JOLY, 2010; LISBOA et al., 2012), além da produção de frutos e sementes, que possuem propriedades medicinais, com valor comercial superior ao de espécies exóticas cultivadas para os mesmos fins (DUFFECKY; FOSSATI, 2009). O guanandi está presente em quatro biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica) sendo encontrado em todas as regiões do país (BITTRICH, 2015), desde a América Central até a do Sul (DUFFECKY; FOSSATI, 2009). A madeira do guanandi é utilizada comercialmente na construção naval, marcenaria, carpintaria, movelaria e outros. Ademais, suas substâncias têm sido estudadas no combate as doenças como HIV, leishmaniose, diabetes, câncer, na medicina veterinária e popular (HONDA et al., 2010; SILVA et al., 2010; GARCÍA-ZEBADÚA et al., 2011; URZEDO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014; GARCÍA-ZEBADÚA et al., 2014; GÓMEZ-VERJAN et al., 2015; CIRIELLO; MORI, 2015; CARVALHO et al., 2016).

Estudos que visam a propagação florestal de espécies nativas, incluindo o guanandi ainda são escassos. A germinação de suas sementes varia de 8 a 180 dias, sendo mais eficiente quando ocorre a remoção da barreira física formada pelo endocarpo (SARRO et al., 2015). A dificuldade na colheita das sementes limita a produção de mudas, via propagação sexuada (SIMÃO et al., 2007). Ademais, a propagação por sementes desta espécie resulta, comumente, em mudas desuniformes e, em alguns casos, com baixa qualidade (DIAS et al., 2012).

A propagação vegetativa consiste na produção de mudas de forma assexuada utilizando partes da planta. Entre as técnicas utilizadas, a que tem se mostrado mais eficiente é a estaquia, que tem como vantagem a utilização de área reduzida para estabelecimento do material vegetal, pouco período de aclimação e obtenção de alta quantidade de mudas (DIAS et al., 2012; STUEPP et al., 2015).

Na produção de mudas, o substrato é responsável por garantir a qualidade do crescimento e manter as condições necessárias para o desenvolvimento da muda (CASTOLDI et al., 2014). Este deve ter condições adequadas de umidade, macro e micro porosidade, suprimento adequado de nutrientes, água (COSTA et al., 2013; 2014), além de aeração satisfatória, baixa resistência à penetração da raiz, fácil manuseio e transporte (CASTOLDI et al., 2014).

Desta forma, para obter um substrato com todas as características adequadas, justifica-se testar a mistura de materiais com características distintas, a fim de maximizar a formação de mudas de espécies arbóreas de interesse econômico e, ou florestal. Entretanto, apesar de ser um fator chave na produção das mudas, são poucos os estudos e recomendações quanto à influência do tipo de substrato na produção de mudas, via estaquia, de espécies arbóreas nativas do Brasil, como o guanandi (ALVES et al., 2008; DIAS et al., 2012). Objetivou-se com este trabalho avaliar substratos para a produção de mudas de guanandi, a partir de estacas, em casa de vegetação.

## **3.2 - MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

### **3.2.1. Substratos**

Foram utilizados cinco substratos. Um substrato comercial Bioplant<sup>®</sup> e, na formulação dos outros quatro, foram utilizadas: areia grossa peneirada, solo (Latosolo Vermelho distrófico) e vermiculita. Sendo preparados nas seguintes proporções (v/v): solo + areia (1:1); solo + areia + vermiculita (1:1:1); solo + areia + vermiculita (1:2:1) e solo + areia + vermiculita (1:1:2) e acondicionados em tubetes de 290 cm<sup>3</sup>. Antes da instalação do experimento, foi realizada a caracterização química dos cinco substratos (Tabelas 1 e 2).

### **3.2.2. Estacas**

As sementes foram adquiridas da empresa Tropical Flora Reflorestadora e Central de Vendas de Sementes, situada em Santo André, SP. Antes do plantio, retirou-se o tegumento das sementes que, na sequência, foram colocadas em bandejas plásticas (50 x 60 cm), encobertas por areia grossa peneirada, mantidas a 50 % de sol e irrigadas diariamente. Após 60 dias da germinação, foram coletadas e padronizadas estacas de 10 cm de comprimento e um par de folhas cortadas transversalmente ao meio.

### **3.2.3. Instalação do experimento**

Após o preparo dos substratos, as estacas foram transplantadas (uma por tubete) a 2,5 cm de profundidade. Em seguida, os tubetes foram levados para casa de vegetação, em área sob sombrite 50 % com irrigação automática quatro vezes ao dia, durante 90 dias. Após este período, as mudas foram transferidas para uma área dentro da casa de vegetação, a pleno sol.

### **3.2.4. Avaliações fisiológicas e biométricas**

Após 120 dias do plantio, foram feitas avaliações biométricas de crescimento; número médio de gemas; porcentagem de sobrevivência das plantas; comprimento e volume radicular; comprimento médio de parte aérea; número médio de folhas; diâmetro médio do caule; massa fresca e seca de raízes, de folhas, de caule e total da planta; relação massa seca das raízes/massa seca de parte aérea.

As análises fisiológicas foram feitas as sete horas da manhã, sendo feitas na folha apical, foram analisadas: a taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub>, concentração interna/externa de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso da água. Tais variáveis foram determinadas utilizando um analisador de gás no infravermelho (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, EUA). Também, foram avaliados os pigmentos fotossintéticos. Para isto, foram coletados três discos foliares com 5 mm de cada planta, colocados em frascos com 5 mL de DMSO saturado e mantidos em banho-maria, a 65° C por 24 h. A leitura foi feita em espectrofotômetro UV VIS Evolution modelo 60S (Thermo Fisher Scientific, Madison, USA), nas absorvâncias de 480, 649 e 665 nm.

### **3.2.5. Análise estatística**

O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, contendo cinco tratamentos e 20 repetições, cada uma constituída por uma plântula em um tubete. Os dados numéricos foram avaliados estatisticamente, mediante análise da variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%), utilizando o software SISVAR versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cinco substratos foram submetidos à análise físico-química e a faixa de pH destas amostras esteve entre 5,7 e 6,8 (Tabelas 1 e 2). O guanandi é uma espécie encontrada em solos aluviais, com drenagem deficiente, locais úmidos periodicamente inundáveis e brejosos, textura franca, arenosa ou ácidos com faixa de pH entre 4,5 e 6,0 (CARVALHO, 2003). Segundo Epstein e Bloom (2006) e Sarro et al. (2015), os nutrientes presentes em substratos, devem estar nesta faixa de pH para maximizar seu aproveitamento por mudas de espécies florestais nativas do Brasil.

Em propagação *in vitro*, por exemplo, o pH ideal para *C. brasiliense* é de 5,8 (MALDONADO-MAGAÑA et al., 2015; SILVEIRA et al., 2016). Entretanto, quando se trata da propagação *ex vitro* ainda não há recomendação para a espécie. Sarro et al. (2015) observaram que, para produção de mudas de guanandi em viveiro, o pH ideal é de 6,1, sendo compatível com os melhores resultados encontrados nesse estudo. Flores (2007) afirma que guanandi se desenvolve melhor em solos com pH entre 4,5 e 6,0 preferindo ainda aqueles ricos em Fe e Al, e com baixos teores de P e K. No presente estudo, foi observado a ausência de Al no substrato comercial Bioplant® (Tabela 1), os outros quatro substratos utilizados neste estudo contêm a presença destes nutrientes (Tabela 2). Segundo Azad e Matin (2015), espécies arbóreas como *Swietenia macrophylla* preferem pH do substrato entre 6,5 e 7,5.

Na análise referente à presença de argila, silte e areia (Tabela 3), a areia esteve em maior percentual em todos os substratos, sendo importante para a planta, já que favorece a porosidade e, conseqüentemente, a aeração, infiltração de água e o desenvolvimento radicular (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Após 120 dias de cultivo, não foram observadas diferenças no crescimento e enraizamento das estacas entre os substratos testados (Figura 1). O resultado pode ser atribuído às propriedades físicas dos substratos (Tabela 3), todos os componentes dos substratos não comerciais [solo + areia (1:1); solo + areia + vermiculita (1:1:1); solo +

areia + vermiculita (1:2:1) e solo + areia + vermiculita (1:1:2)] têm propriedades que os colocam em equilíbrio de retenção de água e aeração do substrato. A vermiculita, por exemplo, encontrada em três substratos permite boa aeração do sistema radicular (SILVA et al., 2010), a areia presente em quatro dos substratos possibilita drenagem eficiente (ALMEIDA et al., 2008) e boa capacidade de aeração, e o solo presente em quatro dos substratos têm adequada retenção de água (CARVALHO FILHO et al., 2003). Já o Bioplant<sup>®</sup> é formulado à base de casca de pinus compostado e proporciona drenagem satisfatória e em equilíbrio entre as porcentagens de ar e água (ANDREJOW; HIGA, 2009). Outra possibilidade é que o prazo de 120 dias não tenha sido suficiente para evidenciar alguma diferença entre os substratos. Silva et al. (2010) ao analisar o enraizamento de guanandi em viveiro observaram que, apesar da influência direta da vermiculita, após 90 dias, o enraizamento foi uniforme, corroborando os resultados do presente estudo.

A porcentagem de sobrevivência de mudas e o número médio de gemas, o substrato solo + areia (1:1) possibilitou maior porcentagem de sobrevivência enquanto os substratos Bioplant<sup>®</sup>, solo+areia (1:1) e solo+areia+vermiculita (1:1:2) sobressaíram-se quanto ao número médio de gemas (Tabela 4).

Em seu estudo Crispim et al. (2015) observaram que misturando uma parte de substrato comercial Bioplant<sup>®</sup> e uma parte de areia (1:1), a sobrevivência das mudas de flor-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*) e número médio de gemas são maximizados, já que a areia favorece o enraizamento, aeração e evita problemas de apodrecimento com substrato encharcado. Lima et al. (2009) observaram que espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) teve maior porcentagem de sobrevivência no substrato areia pura em relação aos substratos casca de arroz carbonizada, Plantmax Ht<sup>®</sup> e vermiculita de granulometria fina. Isto se deveu à adequada aeração deste substrato, acredita-se que esta espécie seja intolerante a solos ou substratos encharcados.

Já Sarro et al. (2015), por exemplo, utilizaram diversos substratos provenientes de resíduos de poda de árvores e compostos agroindustriais com as seguintes formulações: A-75% de composto agroindustrial e 25% solo; B-75% de composto de poda e 25% solo; C-50% de composto de agroindustrial e 50% de solo; D-50% de composto de poda e 50% de solo; E-100% solo (tratamento controle), para o crescimento de mudas de guanandi oriundas de sementes que tiveram seu tegumento retirado para facilitar sua germinação. Entretanto, os substratos utilizados e suas diferentes concentrações, não proporcionaram diferença entre si.

No presente trabalho, ao analisarmos a clorofila *a*, foi observado que o substrato solo + areia (1:1) proporcionou médias superiores ao substrato Bioplant<sup>®</sup> (Tabela 5). Similarmente, em relação à clorofila *a* / *b*, o substrato solo + areia + vermiculita (1:1:1) proporcionou maiores médias que o substrato Bioplant<sup>®</sup> (Tabela 5). Poucos são os estudos fisiológicos com guanandi, especialmente quando suas mudas são formadas a partir de estaquia ou estaquia e cultivadas em substratos. Saraiva et al. (2014) utilizaram telas fotoconservadoras no cultivo de plantas de guanandi propagadas de sementes de guanandi em casa de germinação em temperatura (18-24° C), umidade relativa do ar em torno de 80% e luminosidade controlada por telas de sombreamento. Observaram que não houve diferença para pigmentos comparados a pleno sol, indicando que a mudança da área de crescimento das mudas não influenciou na concentração de clorofila.

Analisando a taxa fotossintética, os substratos: solo + areia + vermiculita (1:1:1) e solo + areia + vermiculita (1:2:1) foram similares entre si, mas possibilitaram maiores médias que as plantas cultivadas com Bioplant<sup>®</sup> (Tabela 6). Quanto à eficiência do uso da água, não houve diferença entre os quatro substratos, superando apenas o Bioplant<sup>®</sup> (Tabela 6). Medeiros (2017) em seu trabalho com glifosato, nas plantas controle, afirma que o valor da taxa fotossintética para guanandi pode variar entre a 6 e 10  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . No presente trabalho, a maior média encontrada esteve nesta faixa, corroborando desta forma, as melhores respostas obtidas (Tabela 6).

O melhor resultado do substrato Bioplant<sup>®</sup> em relação à condutância estomática e concentração interna / externa de  $\text{CO}_2$  (Tabela 6), pode ser explicado pelo estresse causado na mudança de ambiente, pois este substrato possui estabilidade em sua composição. Medeiros (2017) em seu trabalho afirma que a condutância para guanandi pode variar entre a 0,1 e 0,3  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Desta forma, todas as médias encontradas no presente estudo estão dentro dessa variação, entretanto, quatro tipos de substratos proporcionaram médias abaixo de 0,15  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Trabalhos voltados à produção de mudas de guanandi por estaquia e micropropagação de guanandi tem crescido, principalmente para consolidar um método de propagação eficiente, rápido e preferencialmente de custo reduzido (MALDONADO-MAGAÑA et al., 2015; SILVEIRA et al., 2016). No presente trabalho, o substrato solo + areia (1:1) se mostrou mais eficiente e barato, dentre os avaliados.

### **3.4. CONCLUSÕES**

A propagação de guanandi, por estaquia, é possível em todos os substratos testados.

O substrato solo + areia grossa (1:1) proporciona maior porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi, assim como maior teor de clorofila *a*, taxa fotossintética e eficiência do uso da água.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. F. A.; LUZ, P. B.; LESSA, M. A.; PAIVA, P. D. O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, M. V. C. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* 'compactada'). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1449-1453, 2008.
- ALVES, E. U.; NASCIMENTO, C. D.; ALCÂNTARA, B. Germinação e vigor de sementes de *Bauhinia divaricata* L. *Ciência Rural*, v. 38, p. 960-966, 2008.
- ANDREJOW, G. M. P.; HIGA, A. R. Potencial de enraizamento de estacas de *Pinus taeda* L. provenientes de brotação apical de mudas jovens. *Floresta*, v. 39, p. 897-903, 2009.
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 843-850, 2007.
- AZAD, M. S.; MATIN, M. A. Effect of Indole-3-Butyric acid on clonal propagation of *Swietenia macrophylla* through branch cutting. *Journal of Botany*, v. 2015, Article ID 249308, 7 pages, 2015.
- BITTRICH, V., TRAD, R. J., CABRAL, F. N., NASCIMENTO-JR, J. E., SOUZA, V. C. 2015. Calophyllaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6827>>. Acesso: 03 de setembro de 2016.
- BRONDANI, G. E.; WEDLING, I.; SANTIN, D.; ROVEDA, E. L. Ambiente de enraizamento e substratos na estquia de erva-mate. *Scientia Agraria*, v. 8, p. 257-267, 2007.
- CARVALHO, P. E. C. **Espécies arbóreas brasileiras**. *Embrapa Florestas*, v. 1, p. 487-494, 2003.
- CARVALHO, H. O.; FARIA E SOUZA, B. S.; SANTOS, I. V. F.; RESQUE, R. L.; KEITA, H.; FERNANDES, C. P.; CARVALHO, J. C. T. Hypoglycemic effect of formulation containing hydroethanolic extract of *Calophyllum brasiliense* in diabetic rats induced by streptozotocin. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 26, p. 634-639, 2016.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; Blank, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. *Cerne*, v.9, p.109-118, 2003.
- CASTOLDI, G.; FRIEBERGER, M. B.; PIVETTA, L. A.; ECHER, M. M. Alternative substrates in the production of lettuce seedlings and their productivity in the field. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, p. 299-304, 2014.
- CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. *Cerne*, v. 20, p. 653-660, 2014.
- CIRIELLO, V.; MORI, E. S. Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) cuttings using indole-butyric acid. *Cerne*, v. 21, p. 641-648, 2015.
- CRISPIM, J. G.; RÊGO, M. M.; RÊGO, E. R.; PESSOA, A. M. S.; BARROSA, P. A. Utilização de diferentes substratos na propagação de *Pyrostegia venusta* através de estacas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, p. 38 - 41, 2015.
- COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. *Revista Ceres*, v. 60, p. 675-682, 2013.

- COSTA, L. A. M.; PEREIRA, D. C.; COSTA, M. S. S. M. Substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 150-156, 2014.
- DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A. WENDLING, I. Estaquia e estaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 32, p. 453-462, 2012.
- DUFFECKY, M. D.; FOSSATI, L. C. Avaliação da adaptação de *Calophyllum brasiliensis* Cambess. (guanandi) família clusiaceae, no planalto norte catarinense. *Ágora: Revista de Divulgação Científica*, v. 16, p. 14 – 27, 2009.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina, PR, Editora Planta. 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. Part II – Species Descriptions. *Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica*, 353-356.
- GARCÍA-ZEBADÚA, J. C.; MAGNOS-GUERRERO, G. A.; MUMBRÚ-MASSI, M.; ESTRADA-MUÑOZ, E.; CONTRERAS-BARRIOS, M. A.; HUERTA-REYES, M.; CAMPOS-LARA, M. G.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; REYES-CHILPA, R. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase, toxicological and chemical profile of *Calophyllum brasiliense* extracts from Chiapas, Mexico. *Fitoterapia*, v. 82, p. 1027-1034, 2011.
- GARCÍA-ZEBADÚA, J. C.; REYES-CHILPA, J. C.; HUERTA-REYES, R.; CASTILLO-ARELLANO, J. I. El árbol tropical *Calophyllum brasiliense*: una revisión botánica, química y farmacológica. *Vitae - Revista De La Facultad De Química Farmacéutica*, v. 21, p. 126-145, 2014.
- GÓMEZ-VERJAN, J.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; ESTRELLA-PARRA, E.; REYES-CHILPA, R. Trends in the chemical and pharmacological research on the tropical trees *Calophyllum brasiliense* and *Calophyllum inophyllum*, a global context. *Scientometrics*, v. 105, p. 1019-1030, 2015.
- HONDA, P. A.; FERREIRA, I. C. P.; CORTEZ, D. A. G.; AMADO C. A. B.; SILVEIRA, T. G. V.; BREZAN, M. A. LONARDONI, M. V. C. Efficacy of components from leaves of *Calophyllum brasiliense* against *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. *Phytomedicine*, v. 17, p. 333-338, 2010.
- LIMA, D. M.; TANNO, G. N.; PURCINO, M.; BIASI, L. A.; ZUFELLATO-RIBAS, K, C.; ZANETTE, F. Enraizamento de estacas de espinheira-santa (*Mayttenus ilicifolia* Mart. ex Reissek) em diferentes substratos. *Ciências e Agrotecnologia*, v.33, p. 617-623, 209.
- LISBOA, A. C.; SANTOS, P. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CASTRO, D. N.; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. *Revista Árvore*, v. 36, p. 603-609, 2012.
- MALDONADO-MAGAÑA, A.; BERNABÉ-ANTONIO, A.; SALCEDO-PÉREZ, E.; CRUZ-SOSA, F. In vitro regeneration of *Calophyllum brasiliense* Cambess: A valuable medicinal tree. *African Journal of Biotechnology*, v. 14, p. 2831-2835, 2015.
- MEDEIROS, G. H. Respostas fisiológicas e morfológicas de mudas de landi (*Calophyllum brasiliense* cambess) a diferentes doses de glyphosate. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Tocantins. 2017.

OLIVEIRA, V. C.; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. *Trees*, p. 185-193, 2010.

OLIVEIRA, M. C.; LEMOS, L. M. S.; OLIVEIRA, R. G.; DALL'OGGIO, E. L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. S.; MARTINS, D. T. O. Evaluation of toxicity of *Calophyllum brasiliense* stem bark extract by in vivo and in vitro assays. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 155, p. 30-38, 2014.

SARAIVA, G. F. R.; SOUZA, G. M.; RODRIGUES, J. D. Aclimação e fisiologia de mudas de guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. *Colloquium Agrariae*, v. 1, p. 01-10, 2014.

SARRO, I. O. de; MOREIRA, W. M. Q.; CAMELO, A. D. Efeito de diferentes tipos de substratos no crescimento de *Calophyllum brasiliense*. *Revista Hispeci & Lema On-Line*, v. 6, p. 46-55, 2015.

SILVA, R. L. da; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por estaquia. *Agronomía Costarricense*, v. 34, p. 99-104, 2010.

SILVEIRA, S. S.; CORDEIRO-SILVA, R.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J. QUOIRIN, M. Micropropagation of *Calophyllum brasiliense* (Cambess.) from nodal segments. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, p.656-663, 2016.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A. T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). *Biota Neotropica*, v. 7, p. 67-73, 2007.

SORREANO, M. C. M. *Guia de nutrição de espécies florestais nativas*. São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

STUEPP, C. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; WENDLING, I. Rooting mini-cuttings of *Paulownia fortunei* var. mikado derived from clonal mini-garden. *Revista Árvore*, v. 39, p. 497-504, 2015.

URZEDO, D. I. de; FRANCO, M. P.; PITOMBO, L. M.; CARMO, J. B. do. Effects of organic fertilizers on greenhouse gas (GHG) emissions in tropical forestry. *Forest Ecology and Management*, v. 310, p. 37-44, 2013.

**Tabela 1** – Caracterização química de Bioplant<sup>®</sup> antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Identificação da Amostra	MACRONUTRIENTES						COMPLEMENTO		MICRONUTRIENTES				
	g kg <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>				%		mg kg <sup>-1</sup>				
BIOPLANT	N	P	K	Ca	Mg	S-SO4	M.S.	pH	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	12,4	2,5	4,6	7,3	11,5	2,3	54,6	5,72	1180,0	221,5	15,0	35,8	54,6

Extratores: \* P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn, e Zn = Melich. – \* Ca, Mg e Al = KCl 1N - \* S = Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> em HOAc - \* B = BaCl<sub>2</sub>

Fonte: Santos et al. (2018)

**Tabela 2.** - Análise química de substratos antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Substratos	Ca	Mg	Al	H	K	S	P	CaCl <sub>2</sub>	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	M.O	CTC	SB	V%	m%
	-----cmol dm <sup>-3</sup> -----				-----mg dm <sup>-3</sup> ----			pH	-----mg dm <sup>-3</sup> ----- g dm <sup>-3</sup>					cmol dm <sup>-3</sup>	Sat.Bases	Sat.Al			
S + A	2,1	0,5	0,01	0,9	23,0	5,6	1,5	6,16	2	44,2	21,9	1,4	0,6	0,16	9,8	3,7	2,8	75,0	0,4
S + A + V1	2,1	1,8	0,01	0,7	31,0	4,8	1,1	6,21	3	61,2	21,0	1,3	0,7	0,16	8,7	4,6	7,0	86,0	0,3
S + A + V2	1,8	1,7	0,01	0,7	32,0	5,7	1,1	6,23	4	60,2	19,1	1,2	0,8	0,13	6,5	4,3	3,6	83,0	0,3
S + A + V3	2,0	3,6	0,01	0,6	41,0	5,7	1,5	6,27	3	95,0	23,1	1,4	0,9	0,13	6,5	6,2	5,6	91,0	0,2

Extratores: \* P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn, e Zn = Melich. – \* Ca, Mg e Al = KCl 1N - \* S = Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> em HOAc - \* B= BaCl<sub>2</sub> - \* M.O = Matéria Orgânica. S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1); S + A + V2= solo + areia + vermiculita (1:2:1); S + A + V3= solo + areia + vermiculita (1:1:2).

Fonte: Santos et al. (2018)

**Tabela 3** - Análise física de substratos antes da implantação do experimento com estacas de guanandi, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Substratos	Textura (%)		
	Argila	Silte	Areia
S + A	15	12	73
S + A + V1	15	13	72
S + A + V2	12	7	81
S + A + V3	12	12	76

S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1); S + A + V2= solo + areia + vermiculita (1:2:1); S + A + V3= solo + areia + vermiculita (1:1:2).

Fonte: Santos et al. (2018)



**Figura 1** - Estacas de guanandi após 120 dias de cultivo nos substratos: Bioplant® (A); Solo + areia (1:1) (B); Solo + areia + vermiculita (1:1:1) (C); Solo + areia + vermiculita (1:2:1) (D) e Solo + areia + vermiculita (1:1:2) (E). Barra = 10 mm.

Fonte: Cabral. (2016).

**Tabela 4** – Porcentagem de sobrevivência de plantas e número médio de gemas de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Substratos	Porcentagem de Sobrevivência (%)	Número médio de gemas
Bioplant®	25 d	8,8 a
S + A	85 a	6,7 ab
S + A + V1	65 b	6,0 b
S + A + V2	65 b	5,9 b
S + A + V3	40 c	6,5 ab
Valor de F	416,2	2,6
Coefficiente de variação (%)	3,6	27,6

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey 5%). S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1); S + A + V2= solo + areia + vermiculita (1:2:1); S + A + V3= solo + areia + vermiculita (1:1:2).

Fonte: Santos et al. (2018)

**Tabela 5** – Clorofila *a*, relação clorofila *a/ b* de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Substratos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>a/ b</i>
Bioplant®	17,47 b	1,56 b
S + A	26,75 a	1,93 ab
S + A + V1	25,53 ab	2,11 a
S + A + V2	18,26 ab	1,67 ab
S + A + V3	21,27 ab	1,67 ab
Valor de F	4,65	5,50
Coefficiente de variação (%)	5,4	9,3

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si (Tukey, 5%). S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1); S + A + V2= solo + areia + vermiculita (1:2:1); S + A + V3= solo + areia + vermiculita (1:1:2).

Fonte: Santos et al. (2018)

**Tabela 6** – Taxa fotossintética, condutância estomática, concentração interna / externa de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso da água de mudas de guanandi, cultivadas em substratos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Substratos	Taxa fotossintética	Condutância estomática	Concentração interna / externa de CO <sub>2</sub>	Eficiência do uso da água
	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{kg m}^{-3}$
Bioplant®	4,07 b	0,24 a	0,91 a	1,57 b
S + A	5,63 ab	0,11 b	0,76 b	2,73 a
S + A + V1	6,71 a	0,13 b	0,74 b	3,10 a
S + A + V2	6,89 a	0,10 b	0,70 b	3,27 a
S + A + V3	5,86 ab	0,11 b	0,76 b	3,39 a
Valor de F	3,82	5,35	9,30	11,83
Coefficiente de variação (%)	17,8	31,9	5,9	13,4

\*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si (Tukey, 5%). S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1); S + A + V2= solo + areia + vermiculita (1:2:1); S + A + V3= solo + areia + vermiculita (1:1:2).

Fonte: Santos et al. (2018)

## **4. CAPÍTULO II**

### **PROPAGAÇÃO CLONAL DE GUANANDI, INOCULADO COM MICRO- ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO**

## **PROPAGAÇÃO CLONAL DE GUANANDI INOCULADO COM MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS**

(Normas de acordo com a revista Semina - Ciências Agrárias)

**RESUMO:** O guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) é uma espécie arbórea que ocorre naturalmente desde o México até a América do Sul. No Brasil, tem alto valor econômico pela ampla utilização para os mais diversos fins, tais como construção civil, marcenaria, construção naval, além de ser utilizada no combate a diversas doenças. Estudos sobre sua multiplicação em viveiro possibilitam produções homogêneas em plantios de escalas comerciais, além de favorecer a manutenção de seu germoplasma. Objetivou-se com este estudo selecionar o melhor MSF e sintetizador de auxina para maximizar a produção de mudas de guanandi, via estaquia, em diferentes substratos. O ensaio foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, esquema fatorial 3 x 5 (três substratos: Bioplant<sup>®</sup>, Vermiculita<sup>®</sup>, Areia e Solo (Latosolo Vermelho distrófico), cinco tratamentos de inoculantes e 20 repetições (estacas), perfazendo o total de 300 estacas. A propagação de guanandi, por estaquia, é possível em todos os substratos e micro-organismos testados. O substrato solo + areia grossa (1:1), inoculado com o isolado bacteriano 79F5 proporciona maior porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi.

**Palavras-chave:** estaquia, substrato, *Calophyllum brasiliense* Cambess.

## **CLONAL PROPAGATION OF GUANANDI INOCULATED WITH MICRO-ORGANISMS PHOSPHATE SOLUBILIZERS**

(Norms according to the magazine Semina - Agrarian Sciences)

**ABSTRACT:** The guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) is a tree species that occurs naturally from Mexico to South America. In Brazil, it has high economic value by the wide use for the most diverse purposes, such as construction, carpentry, shipbuilding, as well as to fight against various diseases. Studies on its multiplication in nurseries allow homogeneous productions in plantations of commercial scales, besides favoring the maintenance of its germplasm. The objective of this study was to select the best MSF and auxin synthesizer to maximize the production of guanandi seedlings, through minicutting, in different substrates. The experiment was carried out in a completely randomized design, with a 3 x 5 factorial scheme (three substrates: Bioplant®, Vermiculita®, Sand and Soil (Dystrophic Red Latosol), five treatments of inoculants and 20 replicates (cuttings), making a total of 300 cuttings (1: 1), inoculated with the bacterial isolate 79F5, provides a higher percentage of survival of guanandi seedlings.

**Key words:** minicutting, substrate, *Calophyllum brasiliense* Cambess.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, cerca de 22% do território nacional, abrangendo grande parte da região Centro-Oeste brasileira é considerado um hotspot global de biodiversidade, isso ocorre por ser contemplado com diferentes tipos fitofisionômicos divididas em formações florestais, formações savânicas e formações campestres (RIBEIRO & WALTER, 2008; CASTILHO & CHAVEIRO, 2010; STRASSBURG et al, 2017). Sendo todas elas caracterizadas por solos com propriedades ácidas, altos teores de alumínio, presença de óxidos de ferro, característicos das rochas de origem e determinantes das colorações amareladas e avermelhadas (PINTO, 2012), além de possuir baixo pH e por consequência baixo conteúdo de fósforo (P) e grande capacidade de fixação de P (OLIVEIRA et al., 2009).

Apesar de ser limitado o fósforo (P) é um dos macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento dos seres vivos, consistindo em um limitante de crescimento (SOUCHIE et al., 2006; BELTRÁN PINEDA, 2014; RESTREPO-FRANCO et al., 2015; SELVI et al., 2017), além de ter grande importância em diferentes processos metabólicos como a fotossíntese (KHAN et al., 2010) sendo encontrado ligado a cátions como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>2+</sup> (OLIVEIRA et al., 2009). Entre as formas utilizadas para sanar essa deficiência no solo é comum a utilização de fertilizantes químicos levando ao declínio da qualidade ambiental, principalmente pelo fato das plantas não absorverem todo o P dos fertilizantes aplicados (LIU et al., 2014). Porém uma forma de evitar essa decadência é optar pela utilização de micro-organismos promotores de crescimento em plantas PGPM (Plant Growth Promoting Microorganisms), que essencialmente solubilizam fosfato e podem diminuir os gastos, desde que se utilize o micro-organismo correto para a espécie

(SOUCHIE et al., 2010; BELTRÁN PINEDA, 2014; RESTREPO-FRANCO et al., 2015).

Estudos com micro-organismos solubilizadores de fosfato (MSF) tem aumentado nos últimos anos, principalmente aqueles que promovem o crescimento vegetal (PAREDES-MENDOZA & ESPINOSA-VICTORIA, 2010). Desta forma estudos com MSF que visam espécies nativas estudadas para reflorestamento se fazem necessários, principalmente ligado a estaquia. Entre estas espécies encontra-se o guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), conhecida por conter madeira de qualidade e crescimento moderado, considerada uma espécie com características similares ao mogno e ao cedro podendo ser utilizada para substituí-los além de ser indicada para o reflorestamento pelo fato de seus frutos serem consumidos por várias espécies presentes em nossa fauna (LORENZI, 2008; SCHULTZ, 2011; JESUS et al., 2014).

O guanandi tem propriedades medicinais naturais que vem sendo estudadas, como por exemplo combate ao HIV, leishmaniose, diabetes, reumatismo, hemorroidas, úlcera gástrica e câncer (CARVALHO, 2008; BERNABÉ-ANTONIO et al., 2010; HONDA et al., 2010; GARCÍA-ZEBADÚA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; GÓMEZ-VERJAN et al., 2015; CARVALHO et al 2016; CARDOSO et al., 2016). A utilização de MSF para a espécie vem sendo estudada por Resende et al. (2014) e Santos et al. (2015), visando o desenvolvimento do guanandi sem a utilização de fertilizantes ou promotores de crescimento comerciais. Objetivou-se neste estudo selecionar o melhor micro-organismo solubilizador de fosfato e sintetizador de auxina na produção de mudas de *C. brasiliense* Cambess por meio de estaquia em diferentes substratos.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

### **4.2.1. Substratos**

Foram utilizados três substratos, Bioplant<sup>®</sup> e na formulação dos outros dois, areia grossa peneirada, solo (Latosolo Vermelho distrófico) e vermiculita, nas seguintes proporções: solo + areia (1:1); solo + areia + vermiculita (1:1:1).

#### 4.2.2. Estacas

As sementes foram adquiridas da empresa Tropical Flora Reflorestadora e Central de Vendas de Sementes, situada em Santo André, SP. Antes do plantio retirou-se o tegumento das sementes que em seguida foram colocadas em bandejas plásticas (50 x 60 cm), encobertas por areia grossa peneirada, foram mantidas a 50 % de sol, sendo irrigados diariamente. Após 60 dias da germinação, foram coletadas e padronizadas estacas de 10 cm de comprimento e um par de folhas cortadas transversalmente ao meio (Figura 1).

#### 4.2.3. Inoculação de micro-organismos

Foram testados 5 tratamentos com inoculação de MSF e produtores de auxinas, sendo 2 fungos (FM1 e FM2, fungos solubilizadores de fosfato e produtores de sideróforos), 2 bactérias (79F2 e 79F5, bactérias promotoras de crescimento que produzem auxinas) e controle não inoculado. Tais isolados pertencem à coleção de micro-organismos benéficos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás, Brasil.

Os isolados cresceram em agitação constante (80 rpm, por 7 dias, 28 °C) em uma solução de 300 mL de caldo batata (batata, dextrose) para fungos e outra solução de 300 mL de caldo nutriente (peptona, extrato de carne) para bactérias. Os inoculantes bacterianos tiveram sua densidade óptica (DO) determinada em espectrofotômetro a 600 nm e ajustada a 0,5 por meio de diluição com solução salina (0,85%), até a concentração de  $10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>. Já os inóculos fúngicos foram padronizados, utilizando câmara de Neubauer para contagem dos esporos e também diluídos com solução salina, quando necessário, até atingirem 10<sup>6</sup> esporos mL<sup>-1</sup>.

#### 4.2.4. Avaliações Fisiológicas e Biométricas

Foram feitas avaliações biométricas de crescimento; número médio de gemas; porcentagem de sobrevivência das plantas; comprimento e volume radicular; comprimento médio de parte aérea; número médio de folhas; diâmetro médio do caule; massa fresca e seca de raízes, de folhas, de caule e total da planta; relação massa fresca raiz/massa fresca parte aérea; relação massa seca das raízes/massa seca da parte aérea. Além disso, houve avaliação de clorofila a, clorofila b e clorofila total utilizando o clorofiLOG (FALKER, 2008). Realizando também a avaliação de fluorescência de imagem utilizando o IMAGING-PAM, Walz, Effeltrich, Germany (WALZ, 2014) e entre as variáveis obtidas foram selecionados Fo e Fv/Fm para análise.

#### 4.2.5. Análise Estatística

O ensaio foi instalado em Delineamento Inteiramente ao Acaso – DIC em fator 3 x 5 (três substratos x cinco tratamentos de inoculação). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%), utilizando o software SISVAR versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

#### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar interação entre micro-organismos e substratos apenas na porcentagem de sobrevivência de mudas, o substrato solo + areia (1:1), obteve maior porcentagem de sobrevivência quando inoculado com o micro-organismo 79F5, seguido do substrato solo + areia + vermiculita (1:1:1) com o micro-organismo FM2, entretanto para esse substrato não houve diferença significativa entre quatro dos cinco tratamentos incluindo o controle (Tabela 1).

O guanandi é uma espécie que necessita de pouca quantidade de nutrientes durante seu desenvolvimento inicial e neste estágio ainda não possui influência de micro-organismos (SANTOS et al., 2008; SIERRA-ESCOBAR et al., 2012; CIRIELLO et al., 2014). Em seu estudo Rosa (2008) observou que para *C. brasiliense* a emissão de fósforo (P) em sua nutrição afetam o crescimento das mudas. Estudos que visam a nutrição desta espécie e sua relação com micro-organismos ainda são poucos.

Uma relação entre o excesso de carbono (C) e a formação de paredes secundárias nas folhas de guanandi foi observada por Sereda et al. (2016), entretanto não foi possível encontrar relação entre P e a planta devido ao baixo índice deste nutriente. Outras espécies arbóreas, como o mogno já possui estudos de nutrição mineral, mostrando que a resposta para a omissão de alguns nutrientes é semelhante as espécies cultivares (WALLAU et al., 2008). Assim como Rosa (2008) observou para *C. brasiliense*, Souza et al. (2010) observou para mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*), que o P afeta o crescimento da planta. O que não foi possível verificar no presente estudo, pois, no período de tempo em que ocorreu houve crescimento das mudas.

Para *Eucalyptus nitens*, a adição de MSF estimulou o seu crescimento em viveiro, e para *Coffea arabica* houve melhora na disponibilidade de fosforo e outros nutrientes (ANGULO et al., 2014; CISNEROS; MENJILVAR, 2016). Para as variáveis comprimento; volume radicular; número médio de folhas; comprimento da maior raiz; massa fresca e seca de raízes, de folhas, de caule e total da planta; relação peso seco das raízes/peso seco da parte aérea não foi detectada interação entre micro-organismos e

substratos. Porém, ao analisar substratos, foi possível observar que, exceto no comprimento da maior raiz, não houve diferença entre os substratos solo + areia (1:1) e solo + areia + vermiculita (1:1:1), sendo que apenas na variável relação massa fresca raiz/massa fresca parte aérea ocorreu diferença significativa entre os substratos, com o Bioplant<sup>®</sup> se destacando (Tabela 2).

Os substratos solo + areia (1:1) e solo + areia + vermiculita (1:1:1) possuem os melhores resultados pelo fato de a vermiculita permitir boa aeração juntamente com o solo, a areia ter drenagem eficiente não permitindo o apodrecimento radicular e em contrapartida o solo possui eficiente retenção de água (CARVALHO FILHO et al., 2003; ALMEIDA et al., 2008; SILVA et al., 2010), desta forma os dois substratos contém um equilíbrio entre a aeração e retenção de água, permitindo melhor desenvolvimento da planta.

As variáveis número médio de gemas; comprimento médio de parte aérea; diâmetro médio do caule; relação massa seca das raízes/massa seca da parte aérea; clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total não foram significativas. Para  $F_o$  (Figura 2) e  $F_v/F_m$  (Figura 3) não foi observada diferença significativa entre as médias.

Com a fluorescência de imagem é possível verificar que existe homogeneidade entre os tratamentos, tanto para  $F_o$  (Figura 4), quanto para  $F_v/F_m$  (Figura 5).

#### 4.4. CONCLUSÕES

A propagação de guanandi, por estaquia, é possível em todos os substratos e micro-organismos testados.

O substrato solo + areia grossa (1:1) inoculado com o micro-organismo 79F5 proporciona maior porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. F. A.; LUZ, P. B.; LESSA, M. A.; PAIVA, P. D. O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, M. V. C. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* 'compactada'). *Ciência e Agrotécnica*, v. 32, p. 1449-1453, 2008.
- ANGULO, V. C.; SANFUENTES, E. A.; RODRÍGUEZ, F.; SOSSA, K. E. Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*. *Revista Argentina de Microbiología*, v. 46, p. 338-347, 2014.
- BELTRÁN PINEDA, M. E. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 15, p. 101-113, 2014.
- BERNABÉ-ANTONIO, A., ESTRADA-ZÚÑIGA, M. E., BUENDÍA-GONZÁLEZ, L., REYES-CHILPA, R., CHÁVEZ-ÁVILA, V. M., & CRUZ-SOSA, F. Production of anti-HIV-1 calanolides in a callus culture of *Calophyllum brasiliense* (Cambes). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, v. 103, p. 33-40, 2010.
- CARDOSO, B. M.; MELLO, T. F. P.; LERA, D. S. L.; BRENZAN, M. A.; CORTEZ, D. A. G.; DONATTI, L.; SILVEIRA, T. G. V.; LONARDONI, M. V. C. Antileishmanial Activity of a *Calophyllum brasiliense* Leaf Extract. *Planta Medica*, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 485-494. 2008.
- CARVALHO, H. O.; FARIA E SOUZA, B. S.; SANTOS, I. V. F.; RESQUE, R. L.; KEITA, H.; FERNANDES, C. P.; CARVALHO, J. C. T. Hypoglycemic effect of formulation containing hydroethanolic extract of *Calophyllum brasiliense* in diabetic rats induced by streptozotocin. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 26, p. 634-639, 2016.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; Blank, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. *Cerne*, v.9, p.109-118, 2003.
- CASTILHO, D.; CHAVEIRO, E. F. Por uma análise territorial do Cerrado. In: PELÁ, M.; CASTILHO, D. *Cerrados: perspectivas e olhares*. Goiânia: Editora Vieira. 2010. p. 35-50.
- CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. *Cerne*, p. 653-660, 2014.
- CISNEROS, C. A.; MENJIVAR, J. C. Influencia de microorganismos solubilizadores de fósforo del suelo y su absorción por plántulas de café. *Bioagro*, v. 28, p. 95-106, 2016.
- FALKER, **Automação agrícola. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: <[http://www.falker.com.br/produto\\_download.php?id=4](http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4)>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- GARCÍA-ZEBADÚA, J. C.; MAGNOS-GUERRERO, G. A.; MUMBRÚ-MASSI, M.; ESTRADA-MUÑOZ, E.; CONTRERAS-BARRIOS, M. A.; HUERTA-REYES, M.; CAMPOS-LARA, M. G.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; REYES-CHILPA, R. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase, toxicological and chemical profile of *Calophyllum brasiliense* extracts from

Chiapas, Mexico. *Fitoterapia*, v. 82, p. 1027-1034, 2011.

GÓMEZ-VERJAN, J.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; ESTRELLA-PARRA, E.; REYES-CHILPA, R. Trends in the chemical and pharmacological research on the tropical trees *Calophyllum brasiliense* and *Calophyllum inophyllum*, a global context. *Scientometrics*, v. 105, p. 1019-1030, 2015.

HONDA, P. A.; FERREIRA, I. C. P.; CORTEZ, D. A. G.; AMADO C. A. B.; SILVEIRA, T. G. V.; BREZAN, M. A.; LONARDONI, M. V. C. Efficacy of components from leaves of *Calophyllum brasiliense* against *Leishmania (Leishmania) amazonensis*. *Phytomedicine*, v. 17, p. 333-338, 2010.

JESUS, V. A. M. et al. Effect of seed coat on the seed germination and seedling development of *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, v. 36, p. 451-456, 2014.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi – current perspective. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 56, p. 73–98, 2010.

LIU, F. P.; LIU, H. Q.; ZHOU, H. L.; DONG, Z. G.; BAI, X. H.; BAI, P.; QIAO, J. J. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from betel nut (*Areca catechu*) and their effects on plant growth and phosphorus mobilization in tropical soils. *Biology and Fertility of Soils*, v. 50, p. 927-937, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 1/5. pg. 98 Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 41, p. 1782-1787, 2009.

OLIVEIRA, M. C.; LEMOS, L. M. S.; OLIVEIRA, R. G.; DALL'OGGIO, E. L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. S.; MARTINS, D. T. O. Evaluation of toxicity of *Calophyllum brasiliense* stem bark extract by in vivo and in vitro assays. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 155, p. 30-38, 2014.

PAREDES-MENDOZA, M.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, v. 28, p. 61-70, 2010.

PINTO, F. A. **Sorção e Dessorção de Fósforo em Solos do Cerrado**. 2012. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Jataí. 2012.

RESTREPO-FRANCO, G. M.; MARULANDA-MORENO, S.; FE-PÉREZ, Y.; OSA, A. D.; LUCIA-BALDANI, V.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, A. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, v. 46, p. 63-76, 2015.

REZENDE, M. P.; JAKOBY, I. C. M. C.; SANTOS, L. C. R. dos; PEREIRA, F. D.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. Phosphate solubilization and phytohormone production by endophytic and rhizosphere Trichoderma isolates of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess). *African Journal of Microbiology Research*, v. 8, p. 2616-2623. 2014.

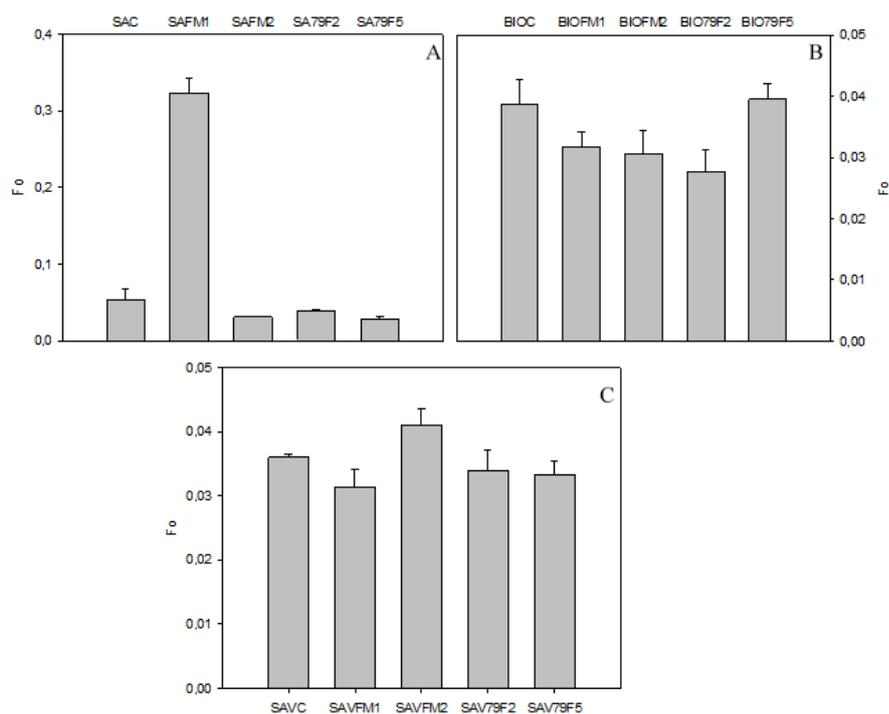
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília:** Embrapa Cerrados. 2008. p. 153-212.
- ROSA, G. T. da. Efeito da ausência de nutrientes na produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss). 2008. 35 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)- Associação Cultural Educacional de Garça, Garça, 2008.
- SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. D.; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. *Revista Árvore*, v. 32, p. 799-807, 2008.
- SANTOS, L. C. R.; JAKOBY, I. C. M. C.; SOARES, M. A.; SOUCHIE, E. L.; COSTA, A. C. Isolation and selection of P-solubilizing and IAA-synthesizing microorganisms from the rhizosphere of Guanandi (*Calophyllum brasiliensis*). *African Journal of Microbiology Research*, v. 10. p. 4455-4460. 2015.
- OUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). *Acta Amazonica, Manaus*, v. 40, p. 515-522, 2010.
- SCHULTZ, J. 2011. *Calophyllum brasiliense*: Olandi. In: CORADIN, L., SIMINSKI, A. & REIS, A. (Eds.) **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro** – Região Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- SELVI, K. B.; PAUL, J. J. A.; VIJAYA, V.; SARASWATHI, K. Analyzing the Efficacy of Phosphate Solubilizing Microorganisms by Enrichment Culture Techniques. *Biochemistry & Molecular Biology Journal*, 2017.
- SEREDA, F.; REISSMANN, C. B.; BOEGER, M. R.; MARQUES, R. Teores foliares e esclerofilia de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) e suas relações edáficas no litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Hoehnea*, v. 43, p. 583-590, 2016.
- SIERRA-ESCOBAR; J. A., CASTRO-RESTREPO, D.; OSÓRIO-VEGA, W. Mycorrhizal dependence of barcino (*Clusiaceae: Calophyllum brasiliense* Cambess). *Actualidades Biológicas*, v. 34, p. 199-206, 2012.
- SILVA, R. L.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por estaquia. *Agromónia Costarricense*, v. 34, p. 99-104, 2010.
- SOUCHIE, E. L.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.; CAMPELLO, E. F. C.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ-Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 78, p. 183-193, 2006.
- SOUCHIE, E. L., AZCÓN, R., BAREA, J. M., SILVA, E. M., & SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Enhancement of clover growth by inoculation of P-solubilizing fungi and arbuscular mycorrhizal fungi. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 82, p. 771-777, 2010.
- STRASSBURG, B. B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. de M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, B. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, p. 0099, 2017.
- WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R.; CAMARGOS, S. L. Sintomas de

deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. *Cerne*, v. 14, p. 304-310, 2008.

WALZ, H. IMAGING-PAM M-series Chlorophyll Fluorometer - Instrument Description and Information for Users. Alemanha, 2014. 218 p. Disponível em: <[http://www.walz.com/downloads/manuals/imaging-pam\\_ms/imag-m-series0e\\_3.pdf](http://www.walz.com/downloads/manuals/imaging-pam_ms/imag-m-series0e_3.pdf)>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

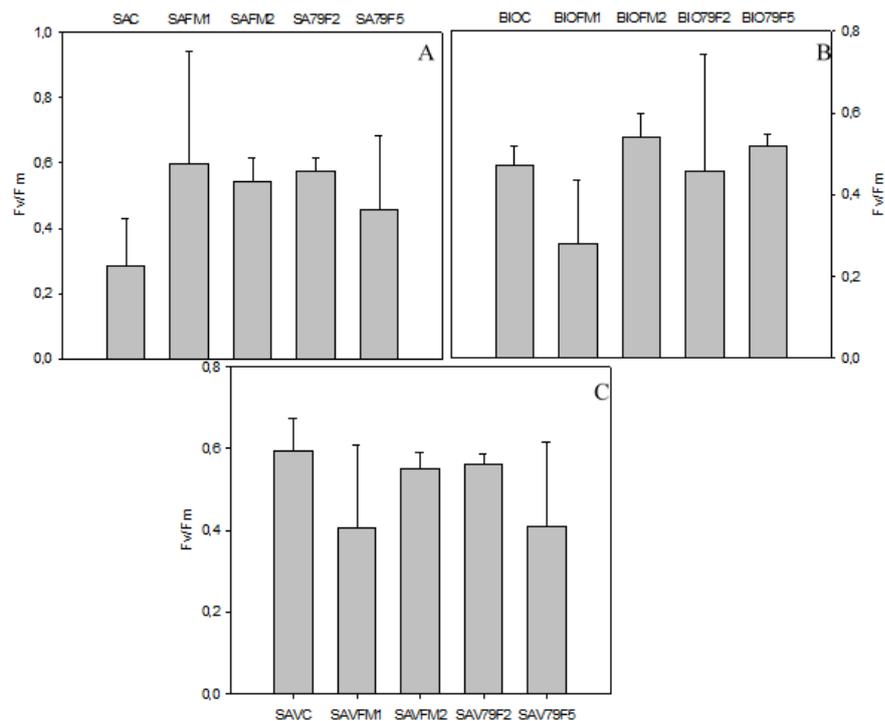


**Figura 1.** Estacas de guanandi.  
**Fonte:** Santos et al. (2018)

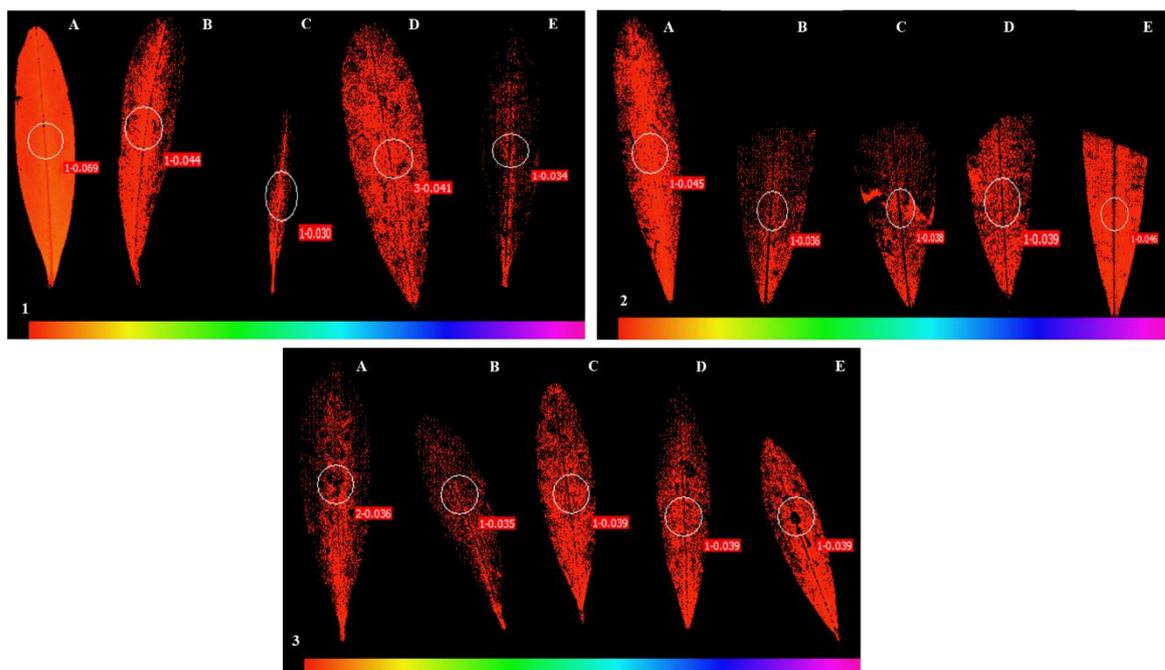


**Figura 2.** Médias  $F_0$  substrato S + A com diferentes inóculos; SAC – S + A Controle (A). Médias  $F_0$  substrato Bioplant com diferentes inóculos; BIOC – Bioplant Controle (B). Médias  $F_0$  substrato S + A + V com diferentes inóculos; SAVC – S + A + V Controle (C).

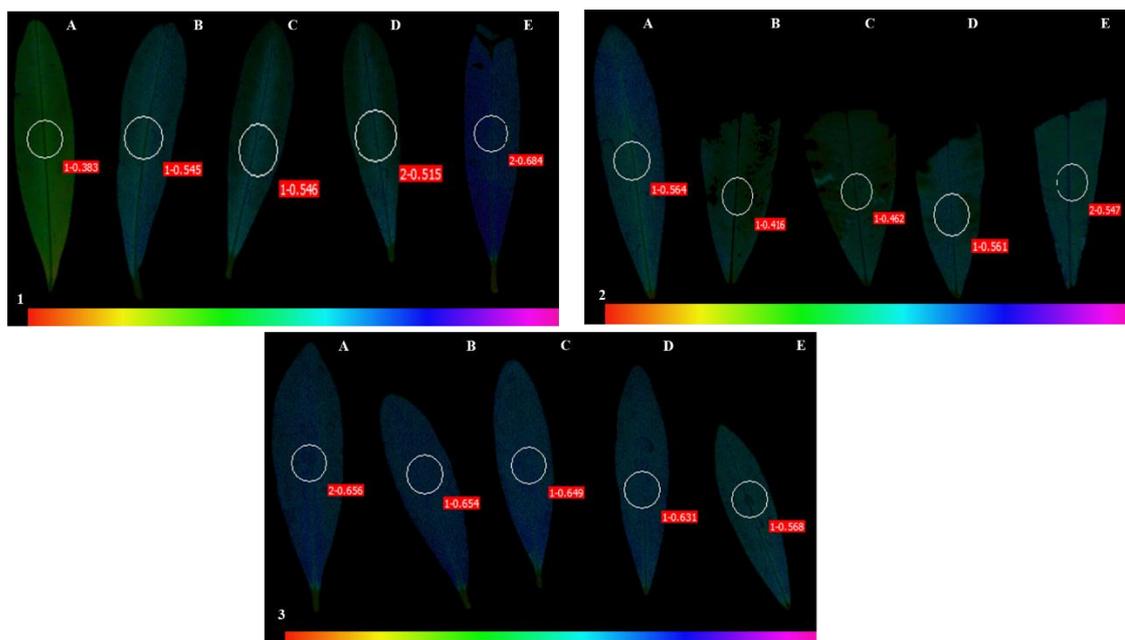
**Fonte:** Santos et al. (2018).



**Figura 3.** Médias Fv/Fm substrato S + A com diferentes inóculos; SAC – S + A Controle (A). Médias Fv/Fm substrato Bioplant com diferentes inóculos; BIOC – Bioplant Controle (B). Médias Fv/Fm substrato S + A + V com diferentes inóculos; SAVC – S + A+ V Controle (C).  
**Fonte:** Santos et al. (2018).



**Figura 4.** Fluorescência de imagem Fo para S + A com diferentes inóculos (1); fluorescência de imagem Fo para Bioplant com diferentes inóculos (2); fluorescência de imagem Fo para S + A+ V com diferentes inóculos (3). Controle (A); FM1 (B); FM2 (C); 79F2 (D); 79F5 (E).  
**Fonte:** Santos et al. (2018)



**Figura 5.** Fluorescência de imagem Fv/Fm para S + A com diferentes inóculos (1); fluorescência de imagem Fv/Fm para Bioplant com diferentes inóculos (2); fluorescência de imagem Fv/Fm para S + A+ V com diferentes inóculos (3). Controle (A); FM1 (B); FM2 (C); 79F2 (D); 79F5 (E).  
**Fonte:** Santos et al. (2018).

**Tabela 1** – Porcentagem de sobrevivência de mudas de guanandi, cultivadas em substratos com diferentes inóculos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

MICRO-ORGANISMOS	SUBSTATRO		
	Bioplant	S + A (1:1)	S + A + V (1:1:1)
Controle	35,00 Ba	56,67 Ab	65,00 Aa
M1	40,00 Ca	60,00 Ab	50,00 Bb
FM2	15,00 Cc	50,00 Bb	65,00 Aa
79F2	25,00 Bb	60,00 Ab	60,00 Aa
79F5	10,00 Cc	80,00 Aa	70,00 Ba
Coefficiente de Variação (%)	10,55		

Letras maiúsculas entre linhas e letra minúsculas entre colunas. Scott-Knott (0,05%). S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia + vermiculita (1:1:1).

Fonte: Santos et al. (2018).

**Tabela 2** – Avaliações biométricas de mudas de guanandi, cultivadas em substratos com diferentes inóculos, em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

SUBSTATRO	Comprimento	Nº de Folhas	Volume de Raiz	Comprimento maior raiz	Massa Fresca Folha	Massa Fresca Parte Aérea	Massa Fresca Raiz	Massa Fresca Total	Relação massa fresca raiz/massa fresca parte aérea	Massa Seca Folha	Massa Seca Parte Aérea	Massa Seca Total
Bioplant	10,60 B	1,44 B	0,32 B	13,04 A	1,44 B	4,36 B	1,44 B	7,21 B	0,74 A	1,31 B	3,89 B	6,39 B
S + A	11,35 A	3,60 A	0,48 A	10,97 B	2,77 A	5,76 A	2,77 A	8,68 A	0,52 B	2,32 A	4,90 A	7,40 A
S + A + V1	11,95 A	3,61 A	0,62 A	14,16 A	2,71 A	5,68 A	2,71 A	8,80 A	0,56 B	2,40 A	5,03 A	7,65 A

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si Scott-Knott (0,05%). S + A= solo + areia (1:1); S + A + V1= solo + areia+ vermiculita (1:1:1).

Fonte: Santos et al. (2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a propagação por estaquia na espécie arbórea *Calophyllum brasiliense* Cambess é possível em todos os substratos testados. Identificando que dentre os substratos que se destacou foi de composição solo + areia (1:1), principalmente quando associado com micro-organismos solubilizador de fosfato identificado como 79F5, promovendo melhor resultado.

Verificou-se que na condução do experimento, todos os micro-organismos testados e solubilizadores de fosfato, apenas o micro-organismo MSF 79F5 associado ao substrato solo + areia (1:1) promoveu incremento na produção de propagação clonal.

Dessa forma conclui-se que a propagação por estaquia de *Calophyllum brasiliense* Cambess, no substrato solo + areia aliada ao MSF 79F5 é a forma mais eficiente de propagação assexuada, assegurando a produção em maior quantidade.