

Lara Ribeiro de Carvalho

**CARACTERIZAÇÃO E MACROPROPAGAÇÃO DE ESTACAS  
DE *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldoides* COLETADAS EM  
DIFERENTES POSIÇÕES NA PLANTA MATRIZ E SOB O  
EFEITO DE AIB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências; área de concentração em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof. Dra. Rosete Pescador

Florianópolis – SC  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carvalho, Lara Ribeiro

Caracterização e macropropagação de estacas de *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldooides* coletadas em diferentes posições na planta matriz e sob o efeito de AIB / Lara Ribeiro Carvalho ; orientador, Rosete Pescador, 2017.

113 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Bambu. 3. Propagação Vegetativa. 4. Caracterização fisiológica. I. Pescador, Rosete. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

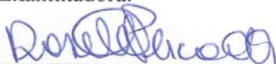
**Caracterização e macropropagação de estacas  
de *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldoides*  
coletadas em diferentes posições na planta  
matriz e sob o efeito de AIB**

por

**Lara Ribeiro de Carvalho**

Dissertação julgada e aprovada em 29/06/2017, em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

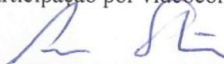
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Rosete Pescador (Presidente-CCA/UFSC)



Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Martim (Externo-UFRRJ/RJ)  
(Participação por videoconferência)



Prof. Dr. Neusa Steiner (Interno-CCB/UFSC)



Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis (Interno-CCA/UFSC)



Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato (Coordenador do Programa)

Florianópolis, junho de 2017



## AGRADECIMENTOS

Sempre e primeiro de tudo na minha vida, à Deus e à sabedoria divina por guiar meus passos, à vida pela oportunidade de estar caminhando com bonitos aprendizados e saúde, e aos meus pais Guilherme e Suane e toda a família Ribeiro e Carvalho, por absolutamente tudo.

Aos colegas e amigos dos laboratórios Fitotron, LFDGV, NEPEA, LMBV, Sementes, turma 2015-I e demais na pós-graduação que puderam me orientar, auxiliar, dar idéias, discutir sobre experimentos, compartilhar abraços, risos e preocupações nesse processo.

A todo o pessoal da Fazenda da Ressacada, pelos conselhos, apoio total, amizade e descontração, vocês foram incríveis. Pessoas essenciais nesse movimento do trabalho: Thiago Ornellas, Priscila Fernandes, Julia Zappellini, Moisés Pollak, Bruno Bachiega, Paula Sete, Jessica Maronez, Jamilli Almeida, Daniel Rosa, Ediscon Cardona, William Costa, Daniel Holderbaum, Yohan Fritsche, Nadhine Nostradamus, André Knop, Daisy Zambiasi, Bárbara Ventura, Camilo, Talita, Débora...muito grata pela força!

Aos companheiros da Rep. da Fumassa, Eduardo, Gabi, Aninha, Glau, Rafa, Venturi e Iana pela coleta na pirambeira pendurados nos bambuzais com escadas, Marcelo Venturi, Nuno, Clézio, Elson, Otávio, João, Jairo, Thiago, Tião, Robinho, Guilherme, Carlos Ciprandi e os meninos, Marcos Marques, pelo apoio, incentivo, coleta das estacas e manutenção do experimento. Nada disso seria possível sem vocês. Ao mestrão Thiago Greco por ter plantado a sementinha do bambu na minha vida.

Agradecimento especial ao Eduardo Maciel por toda a parceria no trabalho, desde o plantio das mudas sob a luz da moto, até as caronas com equipamentos, e força para eu persistir nessa luta de implantação do experimento.

Aos amigos da Ilha: da República, turma Jaguarada/15, Marina Buba, Jú, Comunidade Colombiana - Paisa, Fernanda, Aninha, Kamito e Piero, Lauro, Johnny, Jerusa, Jéssica, Marinice e Adriel, Kika, Maracatu Baque do tempo, por terem facilitado a minha adaptação aqui, me acolhido e serem verdadeiramente amigos. À família ruralina, que sempre levo para onde vou.

A orientadora Profa. Dra. Rosete Pescador, Prof. Dr. Miguel P. Guerra e a todos os envolvidos pela oportunidade de efetuar esse trabalho.

Aos Professores Jucinei Comin, Arcângelo Loss, Marcelo Maraschin, Patricia Bricarello, Shirley K., Mauricio Sedrez, Neusa Steiner, Afonso Voltolini, por disponibilizarem equipamentos, reagentes, tempo e orientação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (RGV) pela oportunidade de ingressar no curso e participar de minha formação acadêmica. A todos os professores pelos ensinamentos, e aos funcionários.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado, fundamental para minha manutenção e realização deste trabalho. As agências financiadoras, CNPQ (através do Projeto Bambu), FAPESC pelo financiamento do estudo.

## RESUMO GERAL

A subfamília Bambusoideae (Poaceae) forma o grupo das gramíneas perenes com grande versatilidade de usos, apresentando importância cultural, social e econômica em muitos países. Com distribuição mundial e, atualmente, 120 gêneros e 1.641 espécies descritas, os bambus se destacam como excelente produto florestal não-madeireiro frente ao crescimento populacional e a demanda constante de produtos renováveis. *Bambusa oldhamii* Munro é uma espécie originária do sul da China e de Mianmar e introduzida em inúmeros países, e cujos colmos são amplamente utilizados na indústria moveleira e, principalmente, na produção de brotos comestíveis. *Bambusa tuldooides* Munro, espécie economicamente muito importante no sul da China, é utilizada como matéria-prima para artesanatos em geral, cercas vivas, paisagismo e em estruturas temporárias, como andaimes. Tendo em vista o comportamento de floração de bambus lignificados (longos ciclos), a produção de sementes é escassa, o que demanda o desenvolvimento de técnicas eficientes de propagação vegetativa para as espécies. A estaquia é um dos métodos mais importantes de propagação, consistindo da opção de clonagem mais adequada para espécies de bambu. O enraizamento das estacas pode ser influenciado por diversos fatores, entre eles a condição fisiológica e nutricional da planta matriz, a posição de coleta do propágulo e a aplicação exógena da auxina. Ainda que os bambus sejam um material de grande potencial, no Brasil a cultura é subutilizada, carecendo de informações e iniciativas nas áreas de pesquisa, educação e tecnologia para o aproveitamento da matéria-prima. Recentemente, com a Lei Nº 12.484/2011, denominada “Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu”, e com o investimento de entidades públicas de pesquisa, através do Projeto “Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável da Cadeia Produtiva do Bambu no Sul do Brasil” (CNPq N.º 66/2013), ao qual esse trabalho está vinculado, torna-se evidente a demanda do desenvolvimento da cadeia produtiva de bambu, bem como a importância de pesquisas na área de propagação vegetativa. O presente trabalho foi organizado em dois capítulos de modo a: (1) caracterizar sob a ótica morfo-fisiológica e bioquímica as estacas de *B. oldhamii* e *B. tuldooides* sob a influência da posição na planta matriz, relacionando-as com o potencial de enraizamento em estacas; e (2) avaliar o efeito da posição da estaca na planta matriz e de diferentes concentrações de AIB

na macropropagação de estacas de *B. oldhamii* e *B. tuldoides*, através do desenvolvimento inicial de propágulos e indução de raízes adventícias.

**Palavras-chave:** bambu, propagação, estaquia, posição da estaca, AIB, plantio.



## ABSTRACT

The subfamily Bambusoideae (Poaceae) form the group of perennial grasses with great versatility of uses, presenting cultural, social and economic importance in many countries. With worldwide distribution and currently 120 genera and 1,641 species described, bamboos stand out as an excellent non-timber forest product in face of population growth and the constant demand for renewable products. *Bambusa oldhamii* Munro is a species native to southern China and Myanmar and introduced in numerous countries, whose stalks are widely used in the furniture industry and mainly in the production of edible shoots. *Bambusa tuldoides* Munro, an economically very important species in southern China, is used as raw material for handicrafts in general, live fences, landscaping and temporary structures such as scaffolding. Considering the flowering behavior of lignified bamboos (long cycles), seed production is scarce, which demands the development of efficient techniques of vegetative propagation for the species. Cutting is one of the most important methods of propagation, consisting of the most suitable cloning option for bamboo species.

The rooting of the cuttings can be influenced by several factors, including the physiological and nutritional condition of the plant, the position of collection of the propagule and the exogenous application of auxin. Although the bamboos are a material of great potential, in Brazil the culture is underutilized, lacking information and initiatives in the areas of research, education and technology for the use of the raw material. Recently, Law No. 12,484 / 2011, entitled "National Policy to Encourage Sustainable Management and Cultivation of Bamboo", and with the investment of public research entities, through the Project "Technologies for the Sustainable Development of the Bamboo Productive Chain In the South of Brazil " (CNPq No. 66/2013), to which this work is linked, it becomes evident the demand for the development of the bamboo productive chain, as well as the importance of research in the area of vegetative propagation. The present work was organized in two chapters in order to: (1) characterize the cuttings of *B. oldhamii* and *B. tuldoides* under the influence of the position in the mother plant, under the morphological and biochemical perspective, relating them to the potential of Rooting on cuttings; And (2) to evaluate the effect of the position of the cuttings in the mother plant and of different concentrations of IBA on the macropagation of cuttings of *B. oldhamii* and *B. tuldoides*, through the initial development of propagules and adventitious root induction.

**Keywords:** bamboo, propagation, cutting, cutting position, IBA, planting.

## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO, ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

Figura 1- Distribuição mundial dos bambus (Poaceae: Bambusoideae).  
Fonte: Kelchner& BPG, 2013.....21

Figura 2- Representantes das espécies de bambu: *Bambusa oldhamii* (A); *Bambusa tuldooides* (B).....23

### CAPÍTULO I

Figura 1 - Delimitação das posições basal e mediana de uma touceira de bambu (A); estacas de ramo lateral de bambu com três nós (gemas) (B).....37

Figura 2 - Pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e total), e rendimento quântico potencial fotossintético (Fv/Fm) em folhas da posição basal e mediana de plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV%).....46

Figura 3- Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) e teor de amido em estacas retiradas das posições basal e mediana das plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e de *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV%).....50

Figura 4 -Conteúdo de lignina das estacas coletadas das posições basal e mediana de plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV%).....52

Figura 5- Conteúdo de carbono:nitrogênio (C/N) e de compostos fenólicos totais (CFT) em estacas das posições basal e mediana retiradas das plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor

acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV-  
%).....54

## CAPÍTULO II

Figura 1 - Efeito das concentrações de AIB na variável número de raiz (log10) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.....99

Figura 2- Efeito das concentrações de AIB na variável comprimento de raiz (log10) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.  
.....100

Figura 3- Efeito das concentrações de AIB na variável massa seca de raiz (log10) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.  
.....100

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Valores médios das características morfológicas das estacas de *B. oldhamii*: comprimento (CP), diâmetro da base (DB), massa seca da estaca (MSE) e teor de água (TA) (%), coletadas nas posições basal e mediana das plantas matrizes.....44

Tabela 2 - Valores médios das características morfológicas das estacas de *B. tuldooides*: comprimento (CP), diâmetro da base (DB), massa seca da estaca (MSE) e teor de água (TA) (%), coletadas nas posições basal e mediana nas plantas matrizes.....44

### CAPÍTULO II

Tabela 1 - Comprimento da estaca e diâmetro da base mensurados na implantação do experimento, e as variáveis relacionadas à parte aérea: número de brotos por estaca, número de folhas por estaca e massa seca de brotos e folhas por estaca, em *B. tuldooides* sob o efeito das posições da estaca e da concentração de AIB, mensurados aos 90 DAP.....85

Tabela 2 - Correlação das variáveis avaliadas: diâmetro da base da estaca (DB), % estacas brotadas (%EB), % estacas enraizadas (%EE), número de brotos (NB), número de raízes (NR), massa seca de raiz (MSR), número de folhas (NF) e massa seca de brotos e folhas (MSBF) de *B. tuldooides* com valores de  $R^2$  significativos.....87

Tabela 3 - Valores médios (%) relativos a sobrevivência, brotação e enraizamento das estacas de *B. tuldooides*, sob o efeito da posição na planta matriz e da aplicação de AIB.....88

Tabela 4 - Número de brotos (NB), número de folhas (NF), massa seca de brotos e folhas (MSBF) e porcentagem de estacas brotadas (%EB) em estacas de *B. tuldooides* sob o efeito da interação AIB x posição das estacas.....89

Tabela 5 - Valores das probabilidades de brotação (P\_EB), sobrevivência (P\_ES) e enraizamento (P\_EE) em estacas da posição

basal e mediana de *B. tuldoides* em relação a concentração de AIB.....92

Tabela 6 - Comprimento da estaca e diâmetro da base mensurados na implantação do experimento, e variáveis relacionadas à parte aérea: número de brotos por estaca, número de folhas por estaca e massa seca de brotos e folhas por estaca, em *B. oldhamii*, sob o efeito das posições da estaca e da concentração de AIB, mensurados aos 90 DAP.....93

Tabela 7 -Correlação das variáveis avaliadas: número de brotos (NB), estacas sobreviventes (%ES), estacas brotadas (%EB), massa seca de broto e folha (MSBF) e massa seca de raiz (MSR) de *B. oldhamii* com valores de R<sup>2</sup> significativos.....94

Tabela 8 - Valores médios (%) relativos a sobrevivência, brotação e enraizamento de estacas de *B. oldhamii*, sob o efeito da posição na planta matriz e da aplicação de AIB.....96

Tabela 9 -Valores das probabilidades de brotação (P\_EB), sobrevivência (P\_ES) e enraizamento (P\_EE) em estacas da posição basal e mediana em relação a concentração de AIB em estacas de *B. oldhamii*.....98

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcentagem

μl - Microlitro

μm - Micrometro

AIA – Ácido 3-indolacético

AIB – Ácido indol-3-butírico

C - Carbono

C/N – Carbono/Nitrogênio

CFT – Compostos fenólicos totais

cm - Centímetro

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CST – Carboidratos solúveis totais

DAP – dias após plantio

Fv/Fm – Rendimento quântico potencial máximo

g - Grama

H - Hidrogênio

kg - Kilograma

l - Litro

m - Metro

M - Molar

m/v – Massa/volume

MF – Massa fresca

mg - Miligrama

ml - Mililitro

MS – Massa seca

O - Oeste

O - Oxigênio

°C – Grau Celsius

p - probabilidade

ppm – partes por milhão

PSII – Fotossistema II

rpm – Rotação por minuto

S - Enxofre

S - Sul

SC – Santa Catarina

TA – Teor de água

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

v - Volume

WB – Solução detergente





## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E ANTECEDENTES</b>	21
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	27
<b>CAPÍTULO I</b>	31
<b>CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE RAMOS LATERAIS EM DIFERENTES POSIÇÕES NA PLANTA MATRIZ DE <i>Bambusa oldhamii</i> e <i>Bambusa tuldoides</i></b>	31
<b>1- INTRODUÇÃO</b>	33
<b>2- MATERIAIS E MÉTODOS</b>	37
2.1 MATERIAL VEGETAL	37
2.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	38
2.3 CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA	38
2.4 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA	39
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
<b>3-RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	43
3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	43
3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA	45
3.3 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA	49
<b>4-CONCLUSÕES</b>	59
<b>5-CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	61
<b>REFERÊNCIAS</b>	63
<b>CAPÍTULO II</b>	75
<b>EFEITO DA POSIÇÃO DA ESTACA E CONCENTRAÇÃO DE AIB NA BROTAÇÃO E ENRAIZAMENTO DE <i>Bambusa oldhamii</i> e <i>Bambusa tuldoides</i></b>	75
<b>1-INTRODUÇÃO</b>	77
<b>2-MATERIAL E MÉTODOS</b>	81
2.1 MATERIAL VEGETAL	81

2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	81
2.3	AVALIAÇÕES.....	82
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	83
<b>3-</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>85</b>
3.1	<i>Bambusa tuldoides</i> .....	85
3.2	<i>Bambusa oldhamii</i> .....	92
<b>4-</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>





## INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E ANTECEDENTES

Os bambus, pertencentes a subfamília Bambusoideae, são gramíneas (Poaceae) perenes que formam o grupo mais diverso dentre as gramíneas (KAUSHAL et al., 2011). Atualmente com 120 gêneros e 1.641 espécies descritas (BPG, 2012; SORENG et al., 2015), apresentam distribuição natural nas zonas tropicais e subtropicais, entre aproximadamente, 46 ° N e 47 ° S de latitude, exceto na Europa e Antártica (KELCHNER et al., 2013), a uma faixa de altitude do nível do mar a 4.300 m (BPG, 2012), onde possuem ocorrência mais evidente em paisagens mais abertas ou habitats mais especializados (LIESE; KOHL, 2015) (Figura 1).



**Figura 1.** Distribuição mundial dos bambus (Poaceae: Bambusoideae). Fonte: Kelchner & BPG, 2013.

As espécies de bambu encontram-se distribuídas em três tribos: Arundinarieae (bambus lenhosos temperados), Bambuseae (bambus lenhosos tropicais), e Olyreae (bambus herbáceos) (SORENG et al., 2015). A tribo Bambuseae, por sua vez, abrange 893 espécies dentro de 68 gêneros e alocados em 7 subtribos (SORENG et al., 2015), os quais são caracterizadas principalmente por apresentarem rizoma paquimorfo (exceção para poucas espécies do gênero *Chusquea* Kunt), colmos lignificados e ocos (com raras exceções) e ramos com desenvolvimento acrópeto ou bidirecional, distribuídas nos paleotrópicos e neotrópicos (BPG, 2012). O Brasil apresenta a maior diversidade de bambus dentre os países americanos (LONDOÑO, 2001), ainda contando com algumas espécies exóticas introduzidas, onde os gêneros mais comuns são: *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus* e *Phyllostachys* (LEMOS et al., 2011). Atualmente, alguns bambus asiáticos, principalmente os gêneros de *Bambusa* e *Dendrocalamus*,

exercem um papel econômico mais importante do que quaisquer espécies nativas no Brasil (LONDOÑO, 2001).

Os bambus lenhosos frequentemente desempenham papéis relevantes, como na ecologia de habitats florestais, e têm sido de grande importância econômica para a humanidade (KELCHNER et al., 2013). Com mais de mil usos descritos, estas espécies se destacam pela grande versatilidade, através do fornecimento de matéria-prima renovável e energia regenerativa. Ainda, servem de fonte de alimento e matéria-prima para produção de carvão de bambu, na indústria de papel e celulose, para artesanatos (como utensílios de cozinha e instrumentos musicais), além de apresentarem potencial paisagístico e medicinal (KIM et al., 2016; GRECO; CROMBERG, 2011). Os colmos possuem excelentes propriedades estruturais tecnológicas. E são usados para a construção, andaimes, produtos artesanais, movelaria e como material para produtos secundários, tais como tapetes de bambu, placas ou pavimentos (LIESE; KOHL, 2015). O plantio de bambu também pode estar associado a serviços ambientais, como na contenção de solos, e na manutenção e recuperação de recursos hídricos e matas ciliares (GRECO; CROMBERG, 2011).

Em decorrência do significativo crescimento populacional mundial e, conseqüentemente, aumento da demanda por recursos renováveis, contando ainda com uma mudança de paradigma econômico se convertendo para a economia verde, fica evidenciado o potencial do bambu como importante recurso substituto de biomassa madeireira (LIESE; KOHL, 2015). O uso destas espécies se justifica pela sua versatilidade e rápido crescimento, necessitando, portanto, plantios em larga escala e o desenvolvimento da cadeia produtiva para esta planta (SINGH et al., 2011).

*Bambusa oldhamii* Munro, espécie originária do sul da China e de Mianmar, foi introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), provavelmente, entre os anos de 1950 e 1960 (TOMBOLATO et al., 2012), sendo caracterizado como um bambu entouceirante que pode atingir de 8 a 12 metros de altura. É uma planta que se destaca pela resistência à seca e utilizada como barreira quebra vento, o uso dos colmos na movelaria e artesanatos, e extensamente cultivada na China para produção de brotos comestíveis (RAO et al., 1998; SANQUETTA et al., 2015).

*Bambusa tuldooides* Munro é uma espécie muito utilizada, especialmente no sul da China, como matéria-prima para artesanatos, cercas vivas, paisagismo e estruturas temporárias, como andaimes, sendo, no Brasil, provavelmente a espécie de bambu mais utilizada no meio rural. Esta espécie é caracterizada como entouceirante, cujos colmos retos e de cor escura podem chegar a 17 m de altura e 5 cm de diâmetro (GRECO; CROMBERG, 2011; TOMBOLATO et al., 2012).



**Figura 2.** Representantes das espécies de bambu: *Bambusa oldhamii* (A); *Bambusa tuldooides* (B).

Estudos sobre as fases reprodutivas do bambu são escassos, devido ao longo ciclo de floração, podendo atingir 120 anos de acordo com a espécie, geralmente em eventos gregários, infrequentes e imprevisíveis (KIM et al., 2016). Após a floração, algumas espécies morrem, além de produzirem sementes com baixa viabilidade, e em alguns casos, estéreis (KELCHNER et al., 2013; KIM et al., 2016), tornando indispensável o conhecimento sobre métodos de propagação vegetativa para diferentes espécies. No entanto, a propagação dessas plantas ainda apresenta dificuldades quando se trata de multiplicação rápida e em grandes quantidades, e por essa razão, os meios vegetativos de propagação precisam ser desenvolvidos com o máximo aproveitamento de seu potencial (SINGH et al., 2011).

A propagação vegetativa de bambus envolve vários procedimentos, a maioria dos quais visam transformar as gemas

presentes em cada nó em material de plantio, o que pode ser feito através de estacas de colmos, estacas de ramo, rizoma, plantio offset, alporquia, cultura de tecidos e macro-proliferação (AIER; KHARE, 2016). Dentre as técnicas de propagação relatadas, a estaquia é um dos métodos mais importantes de propagação vegetativa, e baseia-se no princípio de que é possível regenerar uma planta a partir de uma parte da planta-mãe podendo ser da raiz, caule, folhas ou gemas (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO et al., 2005). A estaca do ramo lateral constitui uma boa fonte de material de propagação, sendo considerada uma opção de clonagem vantajosa para a propagação de espécies de bambu, podendo ser encontrada em grande número nas touceiras com baixo valor econômico de extração, sem a danificação dos colmos, redução de peso e facilidade no transporte dos propágulos (SINGH et al., 2011). Porém, o procedimento tem certas limitações, como no caso de espécies com enraizamento recalcitrante e comportamento altamente específico de enraizamento atrelado à estação de coleta das estacas.

Dentre os principais fatores que afetam o enraizamento de estacas, destacam-se as condições fisiológicas (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos, entre outras), o período e a posição de coleta das estacas, a juvenilidade, o genótipo, a presença de folhas e de gemas, a aplicação de reguladores de crescimento, assim como os fatores relacionados as condições ambientais (FACHINELLO et al., 1994; HARTMANN et al., 2002; XAVIER et al., 2013). Outro fator relacionado ao enraizamento das estacas é o estado da planta matriz no momento da retirada do material usado na propagação, visto que o estado nutricional da planta é importante para o processo de rizogênese adventícia (PICCOLOTTO et al., 2015).

O aumento do enraizamento de estacas está diretamente relacionado com o conteúdo de carboidratos e de substâncias promotoras de crescimento (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; et al., 2005), uma vez que os produtos fotoassimilados são importantes na iniciação e desenvolvimento de raízes. Em geral, estacas que apresentam maiores diâmetros tendem a apresentar maiores taxas de enraizamento, assim como para a relação C/N (carbono/nitrogênio), onde a alta relação carbono/nitrogênio é um índice que tem sido correlacionado positivamente com o percentual de enraizamento (XAVIER et al.,



2013). Outro fator limitante é o grau de lignificação das estacas, podendo apresentar uma relação inversa a capacidade de enraizamento (DAVIES JR.; HARTMANN, 1988; FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; et al., 2005). Alguns estudos também indicaram que alguns compostos fenólicos atuam como cofatores de enraizamento durante o processo de formação de raízes, especialmente como protetores de AIA contra a oxidação (NAG et al., 2001; HARTMANN et al., 2002; SOMKUWAR et al., 2011).

A posição do meristema ao longo do tronco e dos ramos determina o grau de juvenildade dos propágulos, sendo as porções próximas aos meristemas apicais menos jovens do que aquelas localizados mais próximas ao sistema radicial da planta (CASO, 1992). Assim, propágulos coletados do ápice e dos ramos laterais das plantas geralmente apresentam menor potencial de enraizamento do que aqueles coletados das regiões mais próximas à base da planta, embora ocorram grandes variações tratando-se das espécies (XAVIER et al., 2013). Essas características ontogenéticas e fisiológicas dos diferentes meristemas apicais devem ser consideradas como fator importante para o sucesso da multiplicação vegetativa (CASO, 1992).

Em muitas espécies, utiliza-se auxinas sintéticas visando a obtenção de respostas como maior porcentagem de enraizamento além de uma maior qualidade e uniformidade na formação do sistema radicular (HARTMANN et al., 2002). O ácido indol-3-butírico (AIB) é a substância com ação auxínica mais utilizada por possuir ação mais localizada, maior foto-estabilidade e menor sensibilidade à degradação biológica quando comparadas às demais auxinas sintéticas (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL; et al., 2005). A aplicação exógena de auxina promoveu o enraizamento em estacas de bambu em vários trabalhos (AGNIHOTRI; ANSARI, 2000; HOSSAIN et al., 2005; NETO et al., 2009; GASPARETTO et al., 2013).

Em países ocidentais, especialmente no Brasil, o aproveitamento do potencial das espécies de bambu disponíveis é praticamente inexistente comparado a países asiáticos. Uma das principais dificuldades para o desenvolvimento da cadeia produtiva desta planta é a reduzida disponibilidade de mudas, a qual está principalmente atrelada à escassez de técnicas eficientes de propagação. Deste modo, a necessidade de identificar métodos de propagação que garantam uma maior taxa de mudas estabelecidas, de alta qualidade e com menor custo de produção

agregado consiste em um ponto importante para se atender à demanda existente na cadeia produtiva.

Devida a carência de informações e tecnologia, o potencial de uso e a demanda de desenvolvimento e estabelecimento da cadeia produtiva do bambu, bem como a Lei N° 12.484/2011, que dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu, as pesquisas na área de propagação vegetativa se tornaram de extrema importância. Esse trabalho de pesquisa, vinculado ao projeto intitulado de “Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável da Cadeia Produtiva do Bambu no Sul do Brasil”, da chamada MCTI/Ação Transversal/CNPq N.º 66/2013, o qual é enquadrado num escopo multidisciplinar e interinstitucional, propõe, entre diversos estudos, a identificação de uma estratégia alternativa de propagação de plantas matrizes por segmentação de colmo.

No presente trabalho, buscou-se avançar nos conhecimentos a respeito da condição morfofisiológica e bioquímica de estacas de *B. oldhamii* e *B. tuldooides*, visando sua melhor caracterização e a utilização da estaca como estratégia de propagação vegetativa. Dessa forma, a dissertação foi estruturada em dois capítulos, onde, no primeiro capítulo, análises morfofisiológicas e bioquímicas foram realizadas em estacas coletadas das posições basal e mediana de *B. oldhamii* e *B. tuldooides*, gerando informações descritivas sobre os componentes vinculados ao potencial de enraizamento em estacas; e, no segundo capítulo, um experimento de propagação vegetativa foi realizado com estacas de ramos laterais coletadas de diferentes posições na planta matriz, e tratadas com concentrações de AIB, sendo avaliado o desenvolvimento inicial de propágulos e indução de raízes adventícias, a fim de validar a técnica de propagação perante aos tratamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNIHOTRI, K.; ANSARI, S. A. Adventitious rhizogenesis in relation to seasonal variation, size of culm branch cuttings and IAA treatment in Bamboos. **Indian Forester**, v. 126, n. 9, 2000.

AIER, S.; KHARE, N. Effect on the growth of *Bambusa balcooa* and *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* due to type of nursery bed. **Journal of International Academic Research for Multidisciplinary**, v. 4, n. 7, p. 85–91, 2016.

BPG. An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2012.

CASO, O. H. Juventud , rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. **Agriscientia**, v. IX, n. 1, p. 5–16, 1992.

DAVIES JR., F. T.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, 1988.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMAN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas, 1994.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, 2005.

GASPARETTO, G. A.; DAVALO, M. J.; RONDON, J. N. Diminuição do tempo de produção e de aclimação de duas espécies de bambu em casa de vegetação. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2013.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

HOSSAIN, M. A.; ISLAM, M. S.; HOSSAIN, M. M. Effect of light intensity and rooting hormone on propagation of *Bambusa*

vulgaris Schrad ex Wendl. by branch cutting. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 4, n. 3, p. 231–241, 2005.

KAUSHAL, R.; GULABRAO, Y. A.; TEWARI, S. K.; CHATURVEDI, S.; CHATURVEDI, O. P. Rooting behaviour and survival of bamboo species propagated through branch cuttings. **Indian Journal of Soil Conservation**, v. 39, n. 2, p. 171–175, 2011.

KELCHNER, S. A.; CLARK, L.; CORTÉS, G.; et al. Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid markers. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 67, n. 2, p. 404–413, 2013.

KIM, Y. S.; FUNADA, R.; SINGH, A. P. **Secondary Xylem Biology: Origins, Functions, and Applications**. Elsevier, 2016.

LIESE, W.; KOHL, M. **Bamboo: The Plant and its uses**. Hamburg: Springer International, 2015.

LONDOÑO, X. Evaluation of bamboo resources in latin america. **International Network for Bamboo and Rattan INBAR**, v. 35, n. 96, p. 30, 2001.

NAG, S.; SAHA, K.; CHOUDHURI, M. A. Role of auxin and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 20, n. 2, p. 182–194, 2001.

NETO, M. C. L.; RIBEIRO, J. D. S.; NETO, E. B. Enraizamento de estacas de bambu com o uso de auxinas. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient**, v. 7, n. 2, p. 175–179, 2009.

PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS PEREIRA, I. DOS; GONCALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 294–300, 2015.

RAO, A. N.; RAO, V. R.; WILLIAMS, J. T. **Priority species of bamboo and rattan**. Serdang: IPGRI and INBAR, 1998.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; ROGLIN, A.; MOGNON, F. Biomassa individual de *Bambusa oldhamii* Munro e *Bambusa vulgaris* Schrad. Ex J.C. Wendl. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 151–159, 2015.

SINGH, S.; YADAV, S.; PATEL, P. K.; ANSARI, S. A. Adventitious rhizogenesis in *Bambusa nutans* and *Bambusa tulda*: Influence of seasonal variation, IBA and cutting type. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 4, p. 693–696, 2011.

SOMKUWAR, R. G.; BONDAGE, D. D.; SURANGE, M. S.; RAMTEKE, S. D. Rooting behaviour, polyphenol oxidase activity, and biochemical changes in grape rootstocks at different growth stages. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 3, p. 281–287, 2011.

SORENG, R. J.; PETERSON, P. M.; ROMASCHENKO, K.; et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). **Journal of Systematics and Evolution**, v. 53, n. 2, p. 117–137, 2015.

TOMBOLATO, A. F. C.; GRECO, T. M.; PINTO, M. M. Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 18, n. 2, p. 105–113, 2012.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e técnicas**. 2a. ed. Viçosa, 2013.



## CAPÍTULO I

### CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DE RAMOS LATERAIS EM DIFERENTES POSIÇÕES NA PLANTA MATRIZ DE *Bambusaoldhamiie* *Bambusatuldoides*.

**RESUMO** - Os bambus (Poaceae) se caracterizam como um importante recurso não-madeiro com aplicação em múltiplos usos. Devido a disponibilidade limitada de sementes, a propagação da maioria das espécies de bambu é feita por via vegetativa, sendo que o enraizamento via estacas/ramos apresenta-se como uma opção vantajosa. O enraizamento adventício é controlado por diversos fatores de natureza extrínseca e intrínseca. Estacas coletadas das posições basal e mediana de duas espécies de bambu *Bambusa oldhamii* Munro e *Bambusa tuldoides* Munro foram caracterizadas quanto a morfologia do propágulo, e aos compostos fisiológicos e bioquímicos associados ao potencial de enraizamento em estacas, com o objetivo de identificar diferenças desses compostos entre as estacas coletadas de diferentes posições nas plantas matrizes. Em *B. oldhamii*, as estacas basais apresentaram maiores teores de carboidratos solúveis totais (6,59 mg.g<sup>-1</sup>MS), amido (4,70 mg.g<sup>-1</sup>MS), relação C/N (36,89 MS), enquanto que as estacas medianas apresentaram maior teor médio de lignina (0,0054 g.kg<sup>-1</sup>MS). A espécie *B. tuldoides* apresentou resultados similares aos de *B. oldhamii* para estacas basais, sendo superior nos teores médios de carboidratos solúveis totais (5,46 mg.g<sup>-1</sup>MS), amido (6,15 mg.g<sup>-1</sup>MS), relação C/N (42,01), incluindo também maiores teores de CFT (47,29 mg.g<sup>-1</sup>MS) nas estacas basais, porém os teores médios de lignina foram semelhantes estatisticamente entre as posições. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas para as variáveis morfológicas: comprimento, diâmetro da base, massa seca e teor de água, e nem para as variáveis fisiológicas: clorofilas a e total e rendimento quântico potencial (Fv/Fm) em ambas as espécies de bambu. Diante dos resultados obtidos indica-se que as estacas coletadas da posição basal de *B. oldhamii* e *B. tuldoides* apresentem melhores condições potenciais ao enraizamento

adventício, por apresentarem maiores teores de compostos favoráveis a iniciação do sistema radicular.

**Palavras-chave:** bambu, estaquia, fisiologia, potencial de enraizamento, bioquímica.



## 1- INTRODUÇÃO

Os bambus são gramíneas perenes pertencentes à subfamília mais primitiva de Poaceae, Bambusoideae. As 1.641 espécies descritas são distribuídas em 120 gêneros, que por sua vez são atualmente agrupados em três tribos (KAUSHAL et al., 2011; BPG, 2012; SORENG et al., 2015), e ocorrem naturalmente em quase todos os continentes do globo, exceto Europa e Antártida (KELCHNER et al., 2013).

A tribo Bambuseae, inclui 893 espécies dentro de 68 gêneros, alocados em 7 subtribos (SORENG et al., 2015). É representada por espécies das linhagens paleotropical e neotropical, as quais distinguem-se por apresentar colmos lignificados, ramificação e sistema de rizomas complexos e robustos, floração rara e com longos intervalos (KAUSHAL et al., 2011; KIM et al., 2016), com distribuição quase equitativa nos paleotrópicos e na América Tropical (BPG, 2012).

Devida a grande exploração das florestas naturais, e a procura crescente por material lignificado, o bambu está ganhando importância como substituto de madeira (LIESE; KOHL, 2015), servindo também como fonte de alimento, matéria-prima renovável e energia regenerativa (LIESE; KOHL, 2015; KIM et al., 2016), com destaque neste estudo para as espécies *Bambusa oldhamii* Munro e *Bambusa tuldooides* Munro.

*Bambusa oldhamii* Munro é originária do sul da China, ocorrendo em uma ampla gama de habitats em regiões subtropicais do mundo. Esta espécie possui colmos de rápido crescimento, podendo atingir de 8 a 12 m de altura, com grande utilidade na indústria de papel, celulose e movelaria. Ainda, suas folhas são utilizadas na medicina tradicional, seus brotos comestíveis são extensamente cultivados na China, e são de grande utilidade em programas de reflorestamento, barreiras de quebra-vento e conservação da água e do solo (OTHMAN et al., 1996; RAO et al., 1998).

*Bambusa tuldooides* Munro, espécie nativa do sul da China e Vietnã, tem como característica a presença de colmos de até 14 m de altura (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995). Na Ásia tropical, a produção e comércio de *B. tuldooides* é significativa, especialmente na indústria ornamental (bonsais), medicinal e produção de brotos jovens comestíveis (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995). No Brasil, esta espécie é conhecida como “bambu crioulo”,

sendo utilizada no tutoramento de culturas hortícolas e em construções rurais leves (TOMBOLATO et al., 2012).

As informações sobre o ciclo reprodutivo de bambus são escassas na literatura, o que se deve à eventos de floração infrequentes, imprevisíveis e com longos intervalos (de 7 a 120 anos), juntamente com o comportamento peculiar de monocarpia, esteliridade e baixa viabilidade das sementes (KELCHNER et al., 2013; KIM et al., 2016). Consequentemente, devido a disponibilidade limitada de sementes, a propagação da maioria das espécies de bambu é feita através da propagação vegetativa (AIER; KHARE, 2016), sendo as estacas de ramo lateral um opção vantajosa dentre outros métodos, dada a disponibilidade de ramos nas touceiras sem, necessariamente, o corte dos colmos, além da facilidade de manipulação e transporte dos propágulos (SINGH et al., 2011).

No entanto, os métodos de propagação vegetativa apresentam certas limitações, como a baixa taxa de multiplicação, por conta do enraizamento recalcitrante apresentado por algumas espécies (ISLAM et al., 2011; SINGH et al., 2011). Logo, os meios vegetativos de propagação precisam ser desenvolvidos para o aproveitamento máximo de seu potencial (SINGH et al., 2011).

Muitas espécies economicamente e ecologicamente importantes têm uma baixa capacidade genética ou fisiológica para a formação de raízes adventícias (PIJUT et al., 2011). O enraizamento adventício é controlado por diferentes fatores, incluindo condições ambientais, conteúdo de substâncias endógenas e exógenas, como: níveis de auxina, compostos fenólicos (YASODHA; KAMALA; KALAIARASI, 2010), idade ontogenética e fisiológica (PEREIRA; PERES, 2016), período e posição de coleta das estacas, idade da planta matriz (HARTMANN et al., 2002), conteúdo de carboidratos solúveis e amido (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005), relação C/N (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), e lignificação do tecido (WENDLING; TRUEMAN; XAVIER, 2014), entre outros.

As manifestações morfofisiológicas, tais como a incapacidade de florescimento e a facilidade de enraizamento podem ser definidas através da juvenilidade em plantas lenhosas (BORCHERT, 1962 citado por BASTOS et al., 2009). O meristema apical do caule ou dos ramos é considerado menos juvenil em relação àqueles localizados mais próximos da raiz (CASO, 1992),

e algumas características, geralmente associadas a juvenildade, são mantidas nas porções basais em muitas espécies no estágio de maturidade (HACKETT, 1987 citado por WENDLING; XAVIER, 2001). A eficácia na indução do enraizamento de estacas de diferentes posições também pode diferir devido ao status nutricional das plantas matrizes (SAIFUDDIN et al., 2013).

Com isto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos de ramos laterais coletados em diferentes posições na planta matriz (basal e mediana) de indivíduos de *Bambusa oldhamii* e *B. tuldooides*, abordando o envolvimento dos componentes bioquímicos no potencial de enraizamento das plantas.



## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL VEGETAL

Ramos laterais de *Bambusa oldhamii* foram coletados a partir de plantas matrizes localizadas em propriedade particular no município de Rancho Queimado (SC, Brasil), situada na latitude 27,67°S e longitude 49,01°O, enquanto que os de *Bambusa tuldoides* foram provenientes de indivíduos localizados na Fazenda Experimental da Ressacada da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil), situada na latitude 27,41°S e longitude 48,32°O. Ambas as coletas foram realizadas em julho de 2016.

Foram coletados os ramos laterais localizados na posição basal e mediana (Figura 1A) de colmos, definidos através da divisão da altura do colmo em três porções equitativas, com 1 a 3 anos de idade e que possuíssem gemas tenras e de aspecto juvenil. As estacas confeccionadas possuíssem três nós (Figura 1B).



**Figura 1.** Delimitação das posições basal e mediana de uma touceira de bambu (A); estacas de ramo lateral de bambu com três nós (gemas) (B).

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Para cada espécie foram selecionadas 10 plantas matrizes (repetições) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana.

As estacas foram caracterizadas quanto ao comprimento, diâmetro da base, e massa fresca (MF) da estaca. Em seguida foram armazenadas a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, as estacas foram liofilizadas até atingirem massa constante e foram pesadas em balança a fim de estimar o teor de massa seca (MS) e % do conteúdo de água, através da equação:  $\text{TA \% (MF-MS) / MS} \times 100$  (GUIMARÃES; STONE, 2008).

Após a quantificação da matéria seca, as estacas foram moídas em moinho de facas e moinho IKA (modelo A11 basic), e peneiradas a 32 mesh ( $542\mu\text{m}$ ) e armazenadas em tubo falcon, embalados em sílica e mantidas em local sombreado e refrigerado para posteriores análises bioquímicas.

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA

### **Análises da fluorescência da clorofila**

Para a avaliação de fluorescência da clorofila, em cada espécie foram selecionadas sete plantas matrizes (repetição) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana. Após a adaptação das folhas ao escuro por 30 minutos (MAXWELL; JOHNSON, 2000), a leitura foi realizada na terceira folha da posição apical da estaca, utilizando-se o fluorímetro de luz modulada MINI-PAM (Walz, Germany). As variáveis obtidas foram a fluorescência mínima ( $F_0$ ) e máxima ( $F_m$ ). Calculou-se também o rendimento fotoquímico quântico máximo da PS II ( $F_v/F_m$ ).

### **Quantificação de clorofila a e total**

A extração e quantificação de clorofila a e total foram realizadas pelo protocolo descrito por Arnon (1949) com modificações. Foram utilizadas dez folhas por tratamento, em replicatas técnicas, pesando-se 0,5g de massa fresca de cada folha, posteriormente macerada em nitrogênio líquido. A extração foi realizada, em 3,0 ml de acetona 80% em agitação por 30

segundos, esse procedimento foi repetido por duas vezes. Após filtração o volume da solução foi ajustado para 25 ml com acetona 80%. A absorbância da solução foi mensurada em 663 nm e 645 nm utilizando espectrofotômetro UV-2000A (Instrutherm) (ARNON, 1949), e o conteúdo de clorofila foi estimado pela seguinte fórmula:

$$\text{Clorofila } a = \frac{(12.7 \times \Delta 663 - 2.69 \times \Delta 645)}{a \times 1000 \times W} \times V$$

$$\text{Clorofila } b = \frac{(20.2 \times \Delta A 645 - 5.03 \times \Delta A 663)}{a \times 1000 \times W} \times V$$

Clorofila total = clorofila *a* + clorofila *b*;

$\Delta A$  = Absorbância no respectivo comprimento de onda

V = Volume do extrato (ml)

W = Peso fresco da amostra (g)

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

### Quantificação de carboidratos solúveis totais e amido

A extração e quantificação de carboidratos solúveis totais foi realizada através do método fenol-sulfúrico, utilizando glucose como padrão (DUBOIS et al., 1956). Para cada espécie foram selecionadas três plantas matrizes (repetição) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana.

Amostras de 0,5 g de estacas liofilizadas e moídas foram submetidas a extração com 2,0 ml de etanol 80% gelado, e em seguida foram submetidas em banho-maria a 70°C por 5 minutos, e centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos. Esse procedimento foi repetido por três vezes. A solução de extração final foi ajustada para 5 ml com etanol 80%, e a absorbância da solução mensurada em 490 nm em espectrofotômetro UV-2000A (Instrutherm).

Os resíduos sólidos (pellets) das amostras resultantes da quantificação de carboidratos solúveis totais foram armazenados

para a subsequente quantificação de amido total. A análise de amido total foi realizada através da solubilização com ácido perclórico (McCREADY et al., 1950), e a quantificação pelo método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Em espectrofotômetro UV-2000A (Instrutherm), a absorvância foi mensurada em 490 nm.

### **Quantificação do teor de lignina**

O teor de lignina foi quantificado pelo método de Martin & Aber (1999). Para cada espécie foram selecionadas cinco plantas matrizes (repetição) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana.

Foram adicionados 10 ml de solução detergente 'WB' em 200 mg de matéria seca de estacas, mantendo em agitação por 16 horas em "end-over-end", e em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. Em um processo realizado por duas vezes, 10 ml de WB foram adicionados as amostras, agitando por 30 minutos e centrifugando a 10.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. Posteriormente, um novo processo foi realizado por quatro vezes, onde 10 ml de álcool metílico foram adicionados, agitados por 30 minutos e centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. Por fim, o centrifugado foi seco por 12 horas a 80°C e pesado para análises posteriores. Os teores de lignina foram pesados em filtros especiais de celulose de membrana regenerada (Sartorius Stedin Biotech).

### **Estimativa da relação C/N**

O carbono orgânico e o nitrogênio nas estacas dos bambus foram determinados conforme a metodologia de Tedesco et al. (1995). Para cada espécie foram selecionadas 3 plantas matrizes (repetição) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana. O teor de carbono orgânico das estacas foi quantificado por titulação com solução de  $\text{FeSO}_4$  0,5 molc.L<sup>-1</sup>, enquanto que o teor de nitrogênio com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 M.



## **Quantificação do teor de compostos fenólicos totais**

A extração de compostos fenólicos totais foi realizada segundo Fourie (2004). Para cada espécie foram selecionadas 5 plantas matrizes (repetição) e destas foram coletadas três estacas nas posições basal e mediana.

Adicionou-se 1 ml de solvente (metanol: acetona: água, 7:7:1, v/v/v) em 0,05 g de amostras secas de estacas. Em seguida, a solução foi encubada em banho-maria de ultrassom por 3 minutos, e centrifugada por 30 segundos (Centrifugadora Combi-Spin FVL-2400N, Biosan), realizando-se o processo de extração por duas vezes.

A concentração de compostos fenólicos foi determinada utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (BRAY & THORPE, 1954), sendo alocado em uma placa de teste ELISA de 96 poços, a mistura reacional foi preparada: 200 µL do extrato foram adicionados a 1,4 ml de água destilada, 100 µL do reativo de Folin-Ciocalteu e 30 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (20% m/v). A mistura permaneceu em repouso por 1 hora, e em seguida foi mensurada a absorbância em 765 nm em leitor de microplaca (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices).

### **2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas, pelo Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas no software Package R.



### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Nesse trabalho as respostas para o diâmetro da base e o comprimento das estacas, massa seca e teor de água (%) de *B. oldhamii* e *B. tuldoides* não diferiram significativamente entre as posições (Tabelas 1 e 2), porém foi identificado que as estacas da posição mediana de *B. oldhamii* demonstra valores superiores quanto as variáveis (exceto para teor de água- TA(%)) (Tabela 1), sendo ao contrário em *B. tuldoides*, onde a posição basal apresenta valores superiores das características morfológicas (Tabela 2). A média geral observada para comprimento, diâmetro da base, massa seca da estaca e teor de água, foram respectivamente, para a *B. oldhamii*, 45,9 cm, 1,45 cm, 9,41 g e 51,4% (Tabela 1); e para *B. tuldoides* foram de 46,5 cm, 1,08 cm, 9,81 g e 50,9% (Tabelas 2).

Quanto as dimensões das estacas, estudos demonstraram que o melhor enraizamento de estacas das posições basais da planta matriz podem ser justificadas por diferenças no diâmetro, na massa correspondente da estaca (ZALESNY et al., 2003), e no comprimento, possivelmente devido ao acúmulo de reservas nutritivas, potencializando a formação das brotações e do enraizamento (PACHECO; TEREZINHA, 2008; SANTOS et al., 2016). Hansen & Tolsted (1981) relataram que a posição da estaca teve um efeito maior no enraizamento do *Populus* do que o diâmetro, no qual as estacas basais geralmente tiveram maior enraizamento, mesmo com diâmetros menores. Schroder & Walker (1990) também observaram que a posição era o fator predominante que afetava o enraizamento das estacas em espécies de *Populus*, descartando a influência do diâmetro pelo fato das estacas de diferentes posições apresentarem diâmetros semelhantes.

**Tabela 1.** Valores médios das características morfológicas das estacas de *B. oldhamii*: comprimento (CP), diâmetro da base (DB), massa seca da estaca (MSE) e teor de água (TA) (%), coletadas nas posições basal e mediana das plantas matrizes.

Tratamento	Variável				
	Posição	CP (cm)	DB (cm)	MSE (g)	TA (%)
Basal		45,7 ( $\pm$ 11,08) a	1,40 ( $\pm$ 0,16) a	8,98 ( $\pm$ 3,28) a	52,36 ( $\pm$ 7,93) a
Mediana		46,15 ( $\pm$ 4,79) a	1,49 ( $\pm$ 0,23) a	9,84 ( $\pm$ 2,69) a	50,43 ( $\pm$ 5,63) a
F		0,001 ns	1,0 ns	0,41 ns	0,39 ns
CV (%)		15,83	13,93	31,9	13,38

ns = não significativo. Médias ( $\pm$ desvio padrão) seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 2.** Valores médios das características morfológicas das estacas de *B. tuldoides*: comprimento (CP), diâmetro da base (DB), massa seca da estaca (MSE) e teor de água (TA) (%), coletadas nas posições basal e mediana nas plantas matrizes.

Tratamento	Variável				
	Posição	CP (cm)	DB (cm)	MSE (g)	TA (%)
Basal		48,3 ( $\pm$ 8,41) a	1,11 ( $\pm$ 0,13) a	9,99 ( $\pm$ 2,64) a	51,59 ( $\pm$ 3,15) a
Mediana		44,8 ( $\pm$ 5,83) a	1,05 ( $\pm$ 0,20) a	9,64 ( $\pm$ 4,63) a	50,2 ( $\pm$ 2,35) a
t		1,16 ns	0,63 ns	0,04 ns	1,25 ns
CV (%)		15,55	15,65	36,76	5,47

ns = não significativo. Médias ( $\pm$ desvio padrão) seguidas da mesma letra não apresentam diferença significativas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teor de umidade varia dentro de um colmo de bambu e é influenciado pela idade, época e espécie, e essas diferenças podem atingir 25% do teor de água e são maiores na base dos colmos do que no ápice (LIESE, 1985). E apesar dos resultados referentes ao teor de água (TA) em estacas não diferirem significativamente entre os tratamentos para ambas as espécies estudadas (Tabelas 1 e 2), as estacas da posição basal apresentaram maiores valores quanto ao TA, para ambas as espécies, corroborando com o trabalho onde foi identificado que o teor de umidade varia ao longo da direção longitudinal em colmos de *B. tulda* (SINGHA; HASSAN, 2017) e *Phyllosthacys sp.* (LI, 2004) são superiores na parte basal, e geralmente menores para as porções mediana e apical. Em contraste, o teor de

umidade nos colmos de *B. tuldooides* foi superior nas partes apicais (17,8%) quando comparadas as posições basais (13,5%) (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995).

A habilidade de formação de raízes adventícias também tem sido associada com as características da estaca (HARTMANN et al., 2002), no entanto o efeito dessas características varia de espécie para espécie (KIBBLER et al., 2004), sendo influenciadas pela posição da estaca na planta (HARTMANN et al., 2002), comprimento da estaca (MAYER et al., 2002; SANTOS et al., 2016), e do diâmetro (PACHECO; TEREZINHA, 2008; SANTOS et al., 2011). Além disso, a formação de raízes adventícias claramente envolve o crescimento e a síntese de novos compostos, que, por sua vez, são diretamente influenciados pela disponibilidade de água (XAVIER et al., 2013).

Porém, a influência do comprimento da estaca no enraizamento e no desenvolvimento da muda pode ser muito variável de acordo com a espécie e as condições do meio de cultivo (LIMA et al., 2010). Trabalhos contrastantes não verificaram diferenças entre as características morfológicas das estacas e o potencial de enraizamento no comprimento (NICOLOSO et al., 2001a; OLIVEIRA, DE et al., 2008; LIMA et al., 2010).

A partir dos resultados obtidos nesse estudo e com base nas características morfológicas das estacas e na literatura, destaca-se que não há diferenças entre o potencial de enraizamento entre as posições basal e mediana de estacas de *B. oldhamii* e *B. tuldooides*.

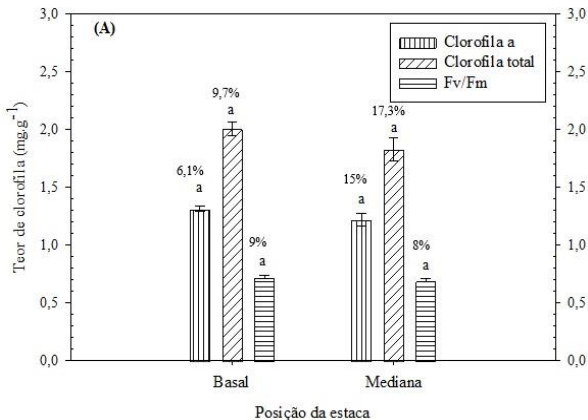
### 3.2 CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA

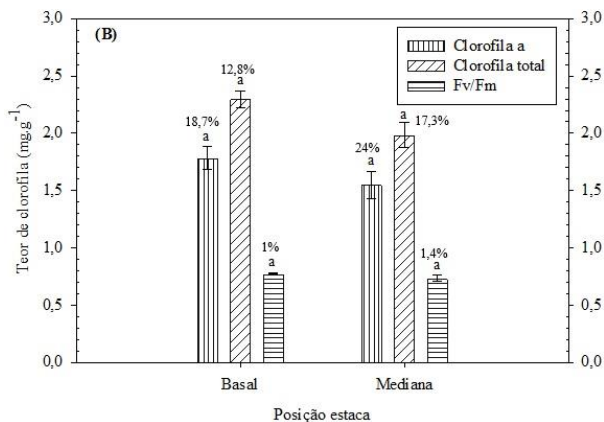
#### **Pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e total) e fluorescência da clorofila.**

Não foram detectadas diferenças significativas entre os valores estimados de clorofila 'a', clorofila total e rendimento quântico potencial (Fv/Fm) em relação à posição das estacas para ambas as espécies analisadas (Figura 2). A média geral observada para clorofila 'a', clorofila total e Fv/Fm, foram respectivamente, para a *B. oldhamii*, 1,27 mg.g<sup>-1</sup>, 1,92 mg.g<sup>-1</sup>, e 0,71, e para *B. tuldooides* foram 1,67 mg.g<sup>-1</sup>, 2,14 mg.g<sup>-1</sup> e 0,75 (Figura 2).

Como em outras culturas, a fotossíntese do bambu é determinada pela capacidade fotossintética da copa (KLEINHENZ; MIDMORE, 2001). A capacidade fotossintética de uma folha é determinada por vários fatores, incluindo sua posição na copa (KLEINHENZ; MIDMORE, 2001) e a composição do pigmento fotossintético (teor de clorofila), onde a eficiência da luz captada para impulsionar a taxa fotossintética está diretamente correlacionada com a concentração de clorofila nas folhas (SIKUKU et al., 2010). O conteúdo de clorofila nas folhas depende de sua aclimação quanto a penetração de luz (KULL, 2002).

Os resultados de pigmentos fotossintetizantes do presente trabalho para ambas espécies (Figura 2) corroboram ao encontrado para a gramínea *Zea mays* em ambas as folhas das posições superior e inferior (CIGANDA et al., 2008). Porém em mudas *B. vulgaris* var. *vitatta*, níveis de maior sombreamento geraram um maior acúmulo de clorofila, sugerindo que houve uma compensação das folhas em ambiente com menor quantidade de radiação disponível (GASPARETTO et al., 2013). No entanto, de modo geral, os conteúdos de clorofilas 'a' e total foram maiores em estacas da posição basal, apontando para uma possível compensação pela menor incidência luminosa





**Figura 2.** Pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e total), e rendimento quântico potencial fotossintético (Fv/Fm) em folhas da posição basal e mediana de plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV-%).

A medição da fluorescência da clorofila é uma técnica útil na investigação da capacidade fotossintética da planta. Já a razão entre fluorescência variável e máxima (Fv/Fm) é um dos parâmetros mais utilizados, indicando a eficiência quântica potencial do PSII (MAXWELL; JOHNSON, 2000b), elucidando sobre o nível de excitação de energia no sistema de pigmentos que impulsiona a fotossíntese fornecendo subsídios para estimar a inibição ou danos no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989).

Os valores que variam de 0,7 a 0,77 de Fv/Fm (Figura 2) encontrados no presente estudo não foram totalmente condizentes com os valores ótimos de 0,75 a 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989), mas estão de acordo com os valores determinados em bambus: 0,73 em plântulas de *D. strictus* (KUMAR; PAL, 2004), acima de 0,70 em touceiras de *D. strictus*, *B. oldhamii*, *B. vulgaris* e *G. wrayi* (PIOUCEAU et al., 2014), 0,76 em *G. angustifolia*, e 0,71 de plantas do gênero *Dendrocalamus* (KUMAR et al., 2002).

A luz em conjunto com a clorofila e, conseqüentemente a fotossíntese exercem influência direta no metabolismo de carboidratos, e na alocação desses compostos nas estacas (ZACHARIAKIS et al., 2001; RAPAKA et al., 2005), possibilitando o

aumento do comprimento da raiz e também o crescimento dos brotos (SOMKUWAR et al., 2011). Estudos indicam que a eficiência potencial fotossintética ( $F_v/F_m$ ) está estreitamente relacionada com a percentagem de enraizamento, e reflete na importância de uma elevada eficiência na captura de luz em ambientes de baixa irradiância (MESÉN et al., 1997).

Há uma redução do rendimento quântico potencial ( $F_v/F_m$ ) pela exposição das plantas a estresses abióticos e/ou bióticos (BAKER, 2008), e portanto a fluorescência da clorofila também pode variar entre as folhas expostas ao sol e à sombra (GOETHEM et al., 2013). As folhas superiores do dossel de *Phyllostachys humilis* apresentaram um menor valor de  $F_v/F_m$  quando comparadas às folhas mais internas da copa, pela menor exposição a variações microclimáticas no ambiente em relação às folhas superiores (GOETHEM et al., 2013). Resultado semelhante foi observado para a espécie *P. aureosulca*, onde a incidência de maior intensidade luminosa ocasionou um menor valor de  $F_v/F_m$  em folhas do topo da copa, evidenciando um mecanismo de adaptação na parte superior da touceira (GOETHEM et al., 2015).

Apesar das diferenças existentes na capacidade máxima da fotossíntese entre folhas expostas ao sol e à sombra dentro de uma planta, nenhuma variação no gradiente vertical do colmo quanto aos parâmetros fotossintéticos foi encontrada no dossel de *P. humilis* (GOETHEM et al., 2014), assim como no presente estudo também não foram observadas diferenças significativas para o rendimento quântico potencial ( $F_v/F_m$ ) entre as folhas das posições basal e mediana de *B. tuldooides* e *B. oldhamii* (Figura 2).

Bambus são consideradas gramíneas com hábito arbóreo e de sub-bosque (WANG et al., 2009), e os resultados encontrados no presente trabalho podem ser explicados pelas seguintes hipóteses: (a) as folhas podem não apresentar mecanismos de adaptação às condições de exposição solar na posição mediana, ou (b) não existe diferença significativa na penetração de luz entre as folhas localizadas nas posições mediana e basal das plantas matrizes.



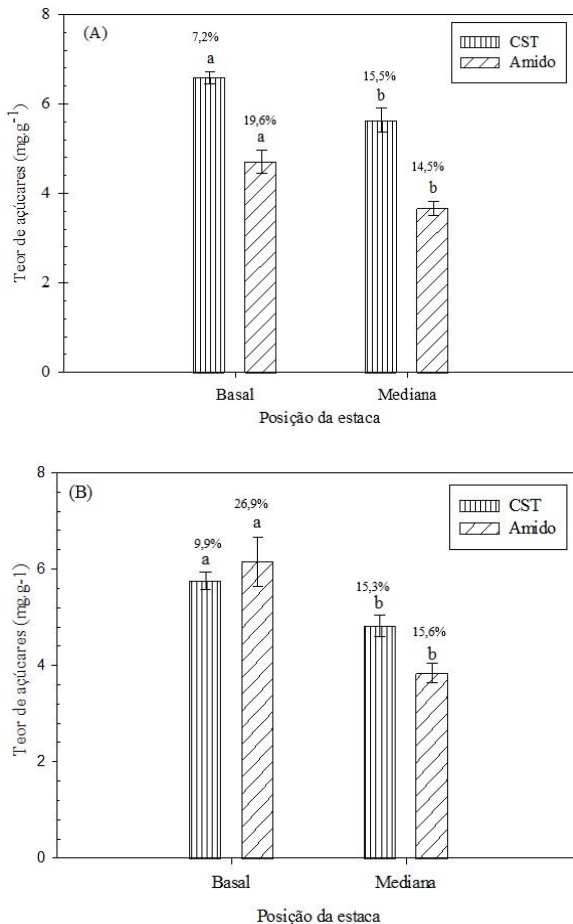
### 3.3 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

#### Carboidratos solúveis totais (CST) e amido

Os teores de amido e carboidratos solúveis totais na posição basal foram respectivamente maiores que na posição mediana das estacas, tanto para a espécie *Bambusa oldhamii* (6,59 mg.g<sup>-1</sup> x 5,63 mg.g<sup>-1</sup> - CST; 4,71 mg.g<sup>-1</sup> x 3,67 mg.g<sup>-1</sup> - Amido, como para *Bambusa tuldoides* (5,76 mg.g<sup>-1</sup> x 4,82 mg.g<sup>-1</sup> - CST; 6,15mg.g<sup>-1</sup> x 3,85 mg.g<sup>-1</sup> - Amido) (Figura 3). Estes resultados corroboram com os observados em colmos de *B. tulda* onde houve variação considerável do conteúdo de carboidrato e amido entre as diferentes posições, sendo maior na posição basal e decrescendo até o ápice (SINGHA; HASSAN, 2017). Aparentemente, um nível ótimo de recursos armazenados é necessário para a iniciação, diferenciação e crescimento de raízes adventícias em estacas de bambu (SINGH et al., 2011). Estacas basais também apresentaram maior capacidade de enraizamento para espécies lenhosas como em *Ulmus villosa* (BHARDWAJ; MISHRA, 2005) e *Dalbergia menaloxylon* (AMRI et al., 2010), e são relacionados a mecanismos que incluem: diferenças no diâmetro da estaca, potencialmente associados com um maior armazenamento de carboidratos, iniciação de primórdios radiculares pré-formados e diferenças na atividade organogênica ao longo do caule (ZALESNY et al., 2003).

Já para as espécies de bambu *Bambusa blumeana*, *B. vulgaris* e *Gigantochloa scortechinii*, os valores de carboidratos e amido presentes nos colmos foram maiores nas regiões medianas, seguidas das posições basal e apical, onde os estudos indicaram que os conteúdos de amido e açúcares totais diferem significativamente entre espécies e altura do colmo (ABD. LATIF et al., 1992). A quantidade de amido varia de forma considerável em diferentes partes do tronco e ramos da planta (STEPHEN; PALLARDY, 2008), bem como pode ser observado um acúmulo deste polímero nas junções entre o caule e ramo lateral (HADDAD; CLAIR-MACZULAJTYS; BORY, 1995). Geralmente, os teores de amido diminuem da porção basal para a apical de um ramo, o que proporciona maior potencial de enraizamento de estacas basais (HARTMANN et al., 2002). Fato este evidenciado no gênero *Platanus*, onde as concentrações de amido foram maiores

na base do caule quando comparados às partes medianas ou apicais (STEPHEN; PALLARDY, 2008).



**Figura 3.** Conteúdo de carboidratos solúveis totais (CST) e teor de amido em estacas retiradas das posições basal e mediana das plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e de *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV-%).

O conteúdo de carboidratos é considerado um fator importante no enraizamento de propágulos vegetativos (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005), contribuindo

assim, para o sucesso e maior velocidade no enraizamento (XAVIER et al., 2013). Uma vez que são produtos diretos da atividade fotossintética, estes compostos constituem uma importante fonte de energia para processos de iniciação, alongamento e espessamento das raízes, além de ser fonte de carbono para síntese de outras substâncias essenciais para o enraizamento (DENAXA; VEMMOS; ROUSSOS, 2012; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Muitas vezes o amido tem sido utilizado como o único indicador do status de carboidratos nas plantas (STEPHEN; PALLARDY, 2008), e dentre as reservas orgânicas, constitui um importante fator para a iniciação e desenvolvimento de primórdios radiculares (XAVIER et al., 2013), especialmente no enraizamento de estacas lenhosas sem folhas e que são incapazes de realizar fotossíntese (HARTMANN et al., 2002). A quantidade de açúcar livre nas partes basais das estacas geralmente aumenta durante os estágios iniciais de desenvolvimento dos primórdios radiculares, refletindo a hidrólise do amido e a translocação basipetal acelerada dos açúcares (KOZLOWSKI, 1992).

Observou-se a correlação positiva da capacidade de enraizamento e o teor de açúcares solúveis e teores de amido em estacas de *Olea europaea* L. (WIESMAN; LAVÉE, 1995; ASLMOSHTAGHI; REZA-SHAHSAVAR, 2010), *Dalbergia sissoo* (PURI; VERMA, 1996), e *Rosa multiflora* (HAMBRICK et al., 1991). Ainda, as espécies caracterizadas como de fácil enraizamento possuem níveis mais elevados de açúcares solúveis e teores de amido quando comparadas a espécies caracterizadas de difícil enraizamento para o gênero *Rhododendron* (FOONG; BARNES, 1981) e para cultivares de *Olea europaea* L. (DENAXA et al., 2012). Foi observada uma grande quantidade de amido em mudas de *Bambusa arundinacea* durante o enraizamento no inverno, mesma época em que foi observado o máximo enraizamento em estacas da mesma espécie, o que também aponta ser devido à disponibilidade de amido armazenado para atividades metabólicas (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985).

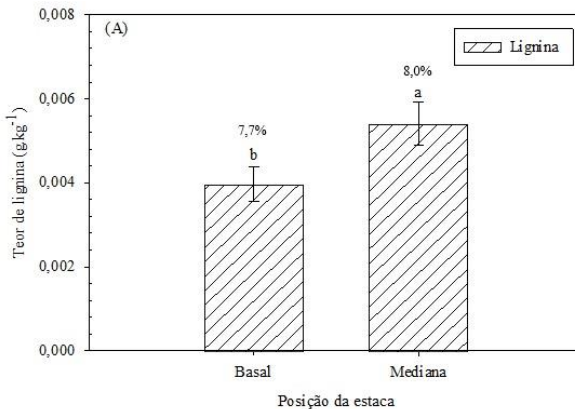
Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre os diâmetros de estacas em ambas as espécies (Tabelas 1 e 2), as estacas da posição basal de *B. tuldoidea* e *B. oldhamii* possuem teores superiores de CST e amido quando comparadas as posições medianas (Figura 3), e, portanto, um maior acúmulo de reservas importantes para a iniciação e

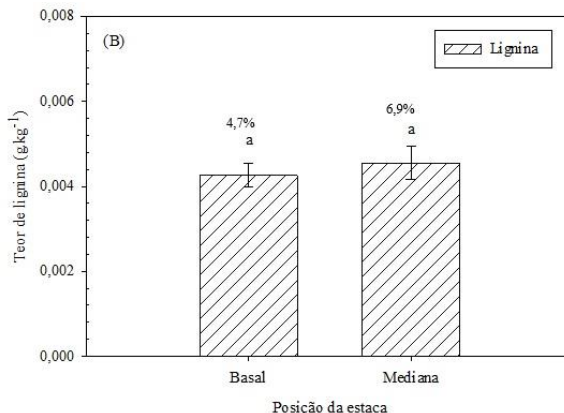
desenvolvimento de primórdios radiculares, caracterizando-se assim pela posição comum maior potencial rizogênico.

## Lignina

No presente estudo não foi identificada uma variação significativa entre os teores de lignina nas estacas de diferentes posições para *B. tuldoides*, sendo a média geral de  $0,0043 \text{ g.kg}^{-1}$  (Figura 4), este resultado corrobora como estudo de Li (2007) em colmos de *P. pubescens*, em que o teor de lignina não variou significativamente com a altura do colmo, propondo que os bambus possuem propriedades químicas e anatômicas semelhantes nas diferentes porções.

Porém, em *B. oldhamii* os teores de lignina diferiram significativamente, sendo superior na posição mediana (Figura 4), estando de acordo com os resultados encontrados para *Phyllostachys sp.* (LI, 2004), onde a parte mediana de colmos de um e três anos possuem maior teores de lignina Klason quando comparadas as porções basal e apical.





**Figura 4.** Conteúdo de lignina de estacas coletadas das posições basal e mediana de plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldooides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV-%).

A lignina representa o segundo constituinte químico mais abundante no bambu (LIESE, 1985), e juntamente com a celulose e a hemicelulose, representam um teor maior que 90% da massa total (CHAOWANA, 2013). As composições químicas do bambu mostram semelhanças quando comparadas às espécies lenhosas (CHAOWANA, 2013), inclusive para os teores de lignina (LI et al., 2007). As variações desse composto ocorrem de acordo com a estação do ano, entre as posições dos colmos e entre as espécies (LIESE, 1985), e ainda com a idade (LIN et al., 2002; KESKI-SAARI et al., 2008). O efeito da topófitse, ou seja, da posição dos ramos de coleta dentro da copa influencia no desempenho das estacas (HARTMANN et al., 2002), em função de características anatômicas e hormonais, como na lignificação do tecido (WENDLING et al., 2014).

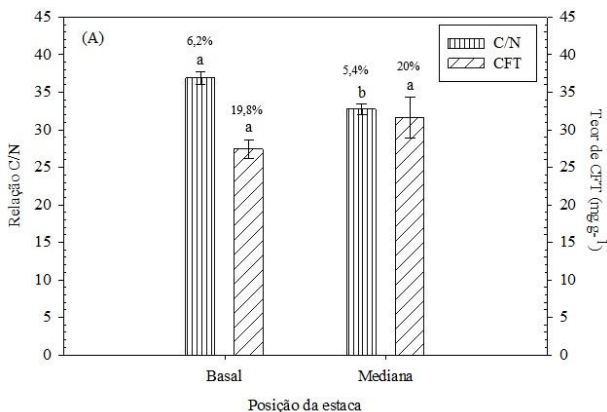
O aumento do teor de lignina nos tecidos pode criar barreiras mecânica, ou mesmo fisiológicas ao enraizamento, e provavelmente isso explica o fato das estacas lenhosas, geralmente mais lignificadas, apresentarem uma menor capacidade de enraizamento e de formação de raízes (DAVIES JR.; HARTMANN, 1988). Portanto, sugere-se que as estacas basais da espécie *B. oldhamii*, possuem maior potencial de enraizamento possivelmente devido a menor presença do conteúdo de lignina,

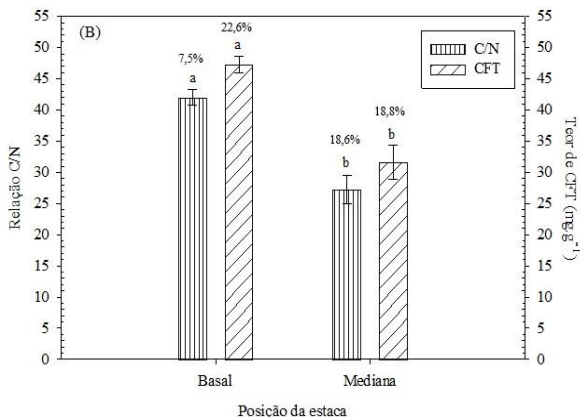
já em *B. tuldoides* supõe-se que os teores de lignina não apresentam diferenças no processo de enraizamento entre estacas das posições basal e mediana.

### Relação carbono: nitrogênio (C/N)

Para os valores da relação carbono/nitrogênio (C/N), os resultados se revelaram mais expressivos em estacas da posição basal, havendo diferença significativa em relação aos valores da posição mediana, levando em consideração que esse padrão foi relativo para as espécies *B. oldhamii* (36,89 x 32,75) e *B. tuldoides* (42,01 x 27,31) (Figura 5).

As diferenças nos níveis de enraizamento entre as diferentes posições das estacas de *Pueraria phaseoloides*, estão mais correlacionadas com os menores teores de nitrogênio das estacas basais, quando comparadas com as apicais, assim sugerindo que altos teores de nitrogênio nos tecidos dificultaram o enraizamento (CID et al., 1981), e esse comportamento possivelmente está relacionado com o que foi identificado neste trabalho, visto que os valores estimados da relação C/N demonstraram ser significativamente superior nas estacas da posição basal em relação à posição mediana, para ambas espécies.





**Figura 5.** Conteúdo de carbono:nitrogênio (C/N) e de compostos fenólicos totais (CFT) em estacas das posições basal e mediana retiradas das plantas matrizes de *B. oldhamii* (A) e *B. tuldoides* (B). Barra vertical representa o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Valor acima da barra vertical representa o coeficiente de variação (CV-%).

O bambu é constituído principalmente por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N) e enxofre (S) (KIM et al., 2016). Em ramos de *B. vulgaris*, o elemento N ocupa a segunda posição na ordem das principais concentrações dos macronutrientes (SHANMUGHAVEL et al., 2002). O teor de C não difere em relação às idades e espécies, e a alocação desse elemento é maior em estruturas de colmo (85-89%) do que em ramo (8-10%) e folha (3-4%) (NATH et al., 2008).

De forma geral, os altos teores de carboidratos e baixos teores de nitrogênio, entre outros fatores, são importantes condicionadores de um enraizamento adequado (HARTMANN et al., 2002), e em geral, sendo correlacionado negativamente com o conteúdo de N (HARTMANN et al., 2002). Um conjunto de evidências sugere que a alta relação C/N endógeno favorece o início do desenvolvimento do primórdio radicular e que baixas proporções C/N favorecem o crescimento dos brotos (HAISSIG, 1974a).

Portanto, a alta relação carbono/nitrogênio é um índice que tem sido correlacionado positivamente com o percentual de enraizamento (XAVIER et al., 2013), sendo constatado em espécies do manguezal, onde a alta relação C / N na fase inicial influenciou a iniciação radicular das estacas (BASAK et al., 1995),

no enraizamento de *Olea europaea* L. (ASLMOSHTAGHI; REZA-SHAHSAVAR, 2010) e na % de estacas enraizadas de *Rosa multiflora* (HAMBRICK et al., 1991).

De acordo com esses estudos, as estacas da posição basal de *B. tuldoidea* e *B. oldhamii* apresentam um maior potencial de enraizamento, enquanto as posições medianas possuem potencial superior para brotações.

De modo geral, manter uma relação C/N elevada em plantas matrizes consiste numa condição ótima para o enraizamento de estacas, visando atender às exigências nutricionais do processo de rizogênese adventícia (HARTMANN et al., 2002; PICOLOTTO et al., 2015).

### **Compostos fenólicos totais (CFT)**

Neste estudo *B. oldhamii* não apresentou diferença significativa para os CFT entre as posições basal (31,17 mg.g<sup>-1</sup>) e mediana (28,51 mg.g<sup>-1</sup>), porém em *B. tuldoidea* as estacas basais (47,3 mg.g<sup>-1</sup>) foram estatisticamente superiores as medianas (31,65 mg.g<sup>-1</sup>) (Figura 5). Os resultados encontrados para *B. oldhamii* corroboram com os encontrados em mudas de *Betula pendula*, no qual a quantidade de fenólicos foi aproximadamente a mesma nas partes superior e inferior (TAHVANAINEN et al., 1991).

Pouco se conhece sobre a composição fenólica de cada espécie de bambu. Em colmos do gênero *Phyllostachys*, foram identificados alguns compostos fenólicos (NISHINA et al., 1991; TACHIBANA et al., 1992), assim como em colmos do gênero *Fargesia* e *Yushania* (KESKI-SAARI et al., 2008) onde foram identificadas pequenas concentrações de fenóis solúveis. Em geral, observa-se que colmos maduros possuem maiores quantidades de CFT comparados a colmos jovens, e que a composição e concentrações de compostos fenólicos solúveis em colmos de bambu variam de acordo com a espécie, local e idade (KESKI-SAARI et al., 2008).

Apesar dos poucos registros acerca do conteúdo de fenóis e da juvenildade ou maturidade de um tecido ou planta (XAVIER et al., 2013), em outras espécies, as alterações na composição e as concentrações de compostos fenólicos ocorrem durante a ontogenia (GIROUARD, 1969; LAITINEN et al., 2005), e



na caracterização do material quanto a facilidade ou dificuldade de enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

Alguns estudos têm sido realizados com a finalidade de elucidar possíveis relações entre compostos fenólicos e o potencial rizogênico dos propágulos (XAVIER et al., 2013), porém os compostos fenólicos por vezes tem um efeito inibitório ou estimulante sobre o crescimento das plantas, que varia de espécie para espécie (OZYIGIT et al., 2007). Basu et al. (1969), supõe que os compostos sinérgicos de auxina, particularmente os fenólicos, aumentam a iniciação dos primórdios da raiz ou outras respostas de crescimento aliado aos níveis e tipos de auxina. Já Hartmann (2002), considera que a ausência ou menor quantidade de compostos fenólicos facilita o enraizamento e a brotação de estacas.

A utilização do teor de fenóis totais no monitoramento da rizogênese está relacionada a interação desses metabólitos com a auxina e a peroxidase (XAVIER et al., 2013), por ser protetor da indução de enraizamento, onde a atividade da AIA oxidase é controlada por compostos fenólicos (HARTMANN et al., 2002). Na relação com a auxina, os monofenóis atuam como cofatores que aumentam a oxidação de AIA (peroxidases), enquanto que os polifenóis inibem a oxidação de AIA (HAISSIG, 1974a). Portanto, um grupo especial de compostos fenólicos atuam como cofatores de enraizamento atuando sinérgicamente com as auxinas, e conseqüentemente estimulando a iniciação radicular (NAG et al., 2001).

Estudos indicaram uma correlação positiva entre o enraizamento e o conteúdo de fenóis totais em estacas de *Camellia sinensis* (ROUT, 2006), em *Proetea cynaroides* (WU, 2006), em hipocótilos de feijão *Vigna radiata* (NAG et al., 2001), e em estacas de porta-enxerto de *Vitis sp.* (SOMKUWAR et al., 2011). Assim, os fenóis podem desempenhar um papel importante no processo de enraizamento das estacas, permitindo as plantas a desenvolverem maior número de raízes primordiais e maior comprimento total da raiz (SOMKUWAR et al., 2011).

Ainda existem trabalhos contrários que relatam o alto nível de fenóis como uma possível causa da redução da porcentagem de enraizamento (SATISHA et al., 2007). Em geral, estacas caulinares coletadas da posição apical do ramo possuem menor quantidade de compostos fenólicos ou ausência do

composto, o que facilita o enraizamento e o brotação (HARTMANN et al., 2002).

Portanto para este não foi possível afirmar se a quantidade de fenólicos totais para as espécies de *Bambusa* é um indicativo de potencial de enraizamento, visto também que apenas houve diferença entre as posições da estaca para uma das espécies, em *B. tuldoides* (Figura 5). São necessários testes específicos para identificar a composição química dos compostos fenólicos, a fim de esclarecer a influência desse composto sobre o enraizamento e a alocação das mesmas ao longo da planta matriz.

#### 4- CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a caracterização das estacas de ramo lateral retiradas das posições basais e medianas das espécies *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldoides* e permitiu indicar o potencial de enraizamento dos propágulos.

De acordo com as análises, há uma diferença entre a composição bioquímica de estacas basais e medianas, diferente das análises fisiológicas e morfológicas que não são influenciadas pela posição da estaca na planta matriz.

Em ambas as espécies, as estacas basais apresentaram maiores conteúdos bioquímicos relacionados a indução de raízes adventícias, e, portanto, associado com um maior potencial de enraizamento quando comparadas as estacas medianas.

Em *B. oldhamii*, as estacas da posição basal apresentaram maiores conteúdos de carboidratos solúveis totais, amido e relação C/N e menores teores de lignina. E, portanto, o potencial de enraizamento é superior em estacas basais quando comparadas as medianas de acordo com os compostos químicos no presente estudo.

Em *B. tuldoides*, as estacas da posição basal apresentaram maiores conteúdos nos teores de carboidratos solúveis totais, amido, relação C/N e CFT. E, portanto, o potencial de enraizamento é superior em estacas basais quando comparadas a medianas de acordo com os compostos químicos estudados no presente estudo.

As características morfológicas e valores relacionados aos pigmentos fotossintetizantes e a fluorescência da clorofila possuem valores semelhantes entre as estacas da posição basal e mediana.

A caracterização morfológica e bioquímica do ramo lateral permitiu a compreensão dos aspectos fisiológicos das espécies de bambu estudadas.



## 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em alguns estudos a redução do potencial de enraizamento foi associada proporcionalmente ao distanciamento entre o propágulo e a porção basal e central da planta matriz. Há registros da influência da posição da estaca, por vezes referido como topófise, porém não há conhecimento sobre o processo de topófise em bambus, e se a posição do propágulo na planta doadora pode ser considerada um fator de influência sobre o estado de maturação dos propágulos. Através das análises bioquímicas em bambu, é possível estimar a composição química do material em diferentes condições. Não há relato disponível relacionado à análise bioquímica em bambu para aferir as diferenças quanto ao gradiente de variação na composição fisiológica ao longo dos colmos, classificando-os quanto ao potencial de enraizamento. Nessa perspectiva, estudos adicionais sobre a posição dos propágulos na planta matriz podem ser realizados sobre a caracterização de outros compostos bioquímicos/fisiológicas relacionados ao potencial rizogênico em bambus referentes, assim como para a maturidade fisiológica/ontogênica, e em diferentes estações do ano.



## REFERÊNCIAS

- ABER, J. D. e MARTIN, M. **Leaf chemistry**, 1992-1993 (ACCP). Oak Ridge National Laboratory, TN, USA, 1999.
- ABD. LATIF, M.; KHOO, K. C.; NOR AZAH MOHD, A.; et al. Carbohydrates in some natural stand bamboos. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 4, n. 4, p. 310–316, 1992.
- AIER, S.; KHARE, N. Effect on the growth of *Bambusa balcooa* and *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* due to type of nursery bed. **Journal of International Academic Research for Multidisciplinary**, v. 4, n. 7, p. 85–91, 2016.
- AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): Effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, n. 2, p. 183–194, 2010.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant physiology**, v. 24, n. 1, p. 1–15, 1949.
- ASLMOSHTAGHI, E.; REZA-SHAHSAVAR, A. Endogenous Soluble Sugars , Starch Contents and Phenolic Compounds in Easy - and Difficult – to – Root Olive Cuttings. **J. Biol. Environ. Sci.**, v. 4, n. 11, p. 83–86, 2010.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 89–113, 2008.
- BASAK, U. C.; DAS, A. B.; DAS, P. Metabolic changes during rooting in stem cuttings of five mangrove species. **Plant Growth Regulation**, v. 17, n. 2, p. 141–148, 1995.
- BASTOS, D. C.; SCARPARE, J. A. F.; FATINANSI, J. C.; PIO, R. Influência da idade biológica da planta matriz e do tipo de estaca caulinar de caramboleira na formação de raízes adventícias. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. Edição especial,

p. 1915–1918, 2009.

BASU, R. N.; BOSE, T. K.; ROY, B. N.; MUKHOPADHYAY, A. Auxin synergists in rooting of cuttings. **Physiologia Plantarum**, v. 22, n. 4, p. 649–652, 1969.

BHARDWAJ, D. R.; MISHRA, V. K. Vegetative propagation of *Ulmus villosa*: Effects of plant growth regulators, collection time, type of donor and position of shoot on adventitious root formation in stem cuttings. *New Forests*, v. 29, n. 2, p. 105–116, 2005. **New Forests**, v. 29, n. 2, p. 105–116, 2005.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, n. 4, p. 497–514, 1989.

BPG. An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2012.

BRAY, H.G.; THORPE, W.V. Analysis of phenolic compounds of interest in metabolism. **Methods in Biochemical Analysis**, v. 1, p. 27-52, 1954.

CASO, O. H. Juvenilidad , rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. **Agriscientia**, v. IX, n. 1, p. 5–16, 1992.

CHAOWANA, P. Bamboo: an alternative raw material for wood and wood-based composites. **Journal of Materials Science Research**, v. 2, n. 2, p. 90–102, 2013.

CID, S. P. B.; FIALHO, J. D. F.; NEVES, M. A. C. Influencia de diferentes concentrações de AIA mais boro e teores de carboidratos e nitrogênio no enraizamento de estacas de *Pueraria phaseoloides*. **Pesq. agropec. bras.**, v. 16, n. 5, p. 623–626, 1981.

CIGANDA, V.; GITELSON, A.; SCHEPERS, J. Vertical profile



and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: Quantitative “crop vigor” indicator by means of reflectance-based techniques. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 5, p. 1409–1417, 2008.

DAVIES JR., F. T.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, 1988.

DENAXA, N. K.; VEMMOS, S. N.; ROUSSOS, P. A. The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 143, p. 19–28, 2012.

DRANSFIELD, S.; WIDJAJA, E. A. Bamboos. In: Prosea Foudation (Org.); **Plant Resource of South-East Asia**. p.185, 1995. Bogor: Backhuys Publishers.

DUBOIS, M., K. A.; GILLES, J. K.; HAMILTON, P.A.; REBES; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, 2005.

FOONG, T. W.; BARNES, M. F. The levels of reserve metabolites and oxidative enzymes in the cuttings of easy-to-root and difficult-to-root Rhododendrons. **Biochemie und Physiologie der Pflanzen**, v. 176, n. 3, p. 206–216, 1981.

FOURIE, A. **Biochemical mechanisms for tolerance of citrus rootstocks against *Phytophthora nicotianae***, 2004. Thesis. University of Pretoria, South Africa.

GASPARETTO, G. A.; DAVALO, M. J.; RONDON, J. N. Diminuição do tempo de produção e de aclimatação de duas espécies de bambu em casa de vegetação. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 17–23, 2013.

GIROUARD, R. M. Physiological and biochemical studies of

adventitious root formation. Extractible rooting cofactors from *Hedera helix*. **Canadian Journal of Botany**, v. 47, p. 687–699, 1969.

GOETHEM, D. V.; ELST, A. V.; SMEDT, S. DE; et al. The effect of light intensity and temperature on the chlorophyll fluorescence of *Phyllostachys aureosulcata* bamboo plants under controlled growth chamber conditions. **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v. 28, n. 1, p. 10–22, 2015.

GOETHEM, D. VAN; POTTERS, G.; SMEDT, S. DE; GU, L.; SAMSON, R. Seasonal, diurnal and vertical variation in photosynthetic parameters in *Phyllostachys humilis* bamboo plants. **Photosynthesis Research**, v. 120, n. 3, p. 331–346, 2014.

GOETHEM, D. VAN; SMEDT, S. DE; VALCKE, R.; POTTERS, G.; SAMSON, R. Seasonal, diurnal and vertical variation of chlorophyll fluorescence on *Phyllostachys humilis* in Ireland. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. 1–9, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. **Métodos de avaliação das condições hídricas das plantas**. Santo Antônio de Goiás, 2008.

HADDAD, Y.; CLAIR-MACZULAJTYS, D.; BORY, G. Effects of curtain-like pruning on distribution and seasonal patterns of carbohydrate reserves in plane (*Platanus acerifolia* Eild) trees. **Tree physiology**, v. 15, n.2, p. 135-140, 1995.

HAISSIG, B. E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, n. 2, p. 324–337, 1974a.

HAISSIG, B. E. Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, n. 2, p. 311–323, 1974b.

HAMBRICK, C. E.; DAVIES, F. T.; PEMBERTON, H. B. Seasonal changes in carbohydrate/nitrogen levels during field rooting of *Rosa multiflora* “Brooks 56” hardwood cuttings.

**Scientia Horticulturae**, v. 46, n. 1–2, p. 137–146, 1991.

HANSEN, E. A.; TOLSTED, D. N. Effect of cutting diameter and stem or branch position on establishment of a difficult-to-root clone of a *Populus alba* hybrid. **Canadian Journal of Forest Research-Journal Canadien de la Recherche Forestiere**, v. 11, p. 723–727, 1981.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

ISLAM, M. S.; BHUIYAN, M. K.; HOSSAIN, M. M.; HOSSAIN, M. A. Clonal propagation of *Bambusa vulgaris* by leafy branch cuttings. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 3, p. 387–392, 2011.

KAUSHAL, R.; GULABRAO, Y. A.; TEWARI, S. K.; CHATURVEDI, S.; CHATURVEDI, O. P. Rooting behaviour and survival of bamboo species propagated through branch cuttings. **Indian Journal of Soil Conservation**, v. 39, n. 2, p. 171–175, 2011.

KELCHNER, S. A.; CLARK, L.; CORTÉS, G.; et al. Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid markers. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 67, n. 2, p. 404–413, 2013.

KESKI-SAARI, S.; OSSIPOV, V.; JULKUNEN-TIITTO, R.; et al. Phenolics from the culms of five bamboo species in the Tangjiahe and Wolong Giant Panda Reserves, Sichuan, China. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 36, n. 10, p. 758–765, 2008.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell. 1. Plant genotype, juvenility and characteristics of cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 102, n. 1, p. 133–143, 2004.

KIM, Y. S.; FUNADA, R.; SINGH, A. P. **Secondary Xylem Biology: Origins, Functions, and Applications**. Elsevier, 2016.

KLEINHENZ, V.; MIDMORE, D. J. Aspects of bamboo agronomy. **Advances in Agronomy**, v. 74, p. 99–145, 2001.

KOZLOWSKI, T. T. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. **The Botanical Review**, v. 58, n. 2, p. 107–222, 1992.

KULL, O. Acclimation of photosynthesis in canopies: Models and limitations. **Oecologia**, v. 133, n. 3, p. 267–279, 2002.

KUMAR, R.; PAL, M. Growth and proliferation of bamboo (*Dendrocalamus strictus* Roxb.) seedlings influenced by various growth regulators. **J. Bamboo and Rattan**, v. 3, n. 2, p. 91–97, 2004.

KUMAR, R.; PAL, M.; TEOTIA, U. V. S. Diurnal changes in chlorophyll fluorescence in four species of bamboo. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 1, n. 4, p. 341–349, 2002.

LAITINEN, J.; JULKUNEN-TIITTO, R.; ROUSI, M.; HEINONEN, J.; TAHVANAINEN, J. Ontogeny and environment as determinants of the secondary chemistry of three species of white birch. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 10, p. 2243–2262, 2005.

LI, X. **Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing.**The Scholl of Renewable Natural Resources, 2004. Louisiana State University.

LI, X. B.; SHUPE, T. F.; PETER, G. F.; HSE, C. Y.; EBERHARDT, T. L. Chemical changes with maturation of the bamboo species *Phyllostachys pubescens*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 19, n. 1, p. 6–12, 2007.

LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. **Bamboo Workshop Hangzhou**, p. 196–393, 1985.

LIESE, W.; KOHL, M. **Bamboo: The Plant and its uses.** Hamburg: Springer International, 2015.

LIMA, R. L. S. DE; SEVERINO, L. S.; PEREIRA, W. E.; et al. Comprimento das estacas e parte do ramo para formação de

mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 83, p. 1234–1239, 2010.

LIN, J.; HE, X.; HU, Y.; KUANG, T.; CEULEMANS, R. Lignification and lignin heterogeneity for various age classes of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) stems. **Physiologia plantarum**, v. 114, n. 2, p. 296–302, 2002.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **J Exp Bot**, v. 51, n. 345, p. 659–668, 2000a.

MAYER, N. A.; PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Efeito do comprimento de estacas herbáceas de dois clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) no enraizamento adventício. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 500–504, 2002.

MCCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.E.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156 – 1158, 1950.

MESÉN, F.; NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B. The effects of propagation environment and foliar area on the rooting physiology of *Cordia alliodora* (Ruiz and Pavon) Oken cuttings. **Trees - Structure and Function**, v. 11, n. 7, p. 404–411, 1997.

NAG, S.; SAHA, K.; CHOUDHURI, M. A. Role of auxin and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 20, n. 2, p. 182–194, 2001.

NATH, A. J.; DAS, G.; DAS, A. K. Above ground biomass, production and carbon sequestration in farmer managed village bamboo grove in Assam, northeast India. **Bamboo Science and Culture**, v. 21, n. 1, p. 32–40, 2008.

NICOLOSO, F. T.; CASSOL, L. F.; FORTUNATO, R. P. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento de Ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata*). **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 57–60, 2001a.

NISHINA, A.; HASEGAWA, K. I.; UCHIBORI, T.; SEINO, H.;

OSAWA, T. 2,6-Dimethoxy-P-Benzoquinone as an antibacterial substance in the bark of *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens*, a species of thick-stemmed bamboo. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 2, p. 266–269, 1991.

NTIRUGULIRWA, B.; ASIMWE, T.; GAPUSI, J.; MUTAGANDA, A. Influence of bud position on mother stem and soaking duration on sprouting of bamboo cuttings. **Rwanda Journal**, v. 28, p. 3–10, 2012.

NUERTEY, B. N.; OPOKU, A.; DANSO, I. Rapid multiplication of bamboo - the effect of culm age and length of cuttings on sprouting.pdf. **Journal of Ghana Science Association**, v. 11, n. 1, 2009.

OLIVEIRA, Y. DE; SILVA, A. L. L. DA; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Comprimento das estacas no enraizamento de melaleuca. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 415–418, 2008.

OTHTMAN, A. R.; NOOR, N. M.; QUINGYI, L.; et al. Bamboo, people and the environment. In: C. B. Sastry; E. Widjaja (Orgs.); Proceedings of the Vth International Bamboo Worskop and the IV International Bamboo Congress. **Anais...** . v. 1, p.156, 1996. Bali, Indonesia: INBAR.

PACHECO, J. P.; TEREZINHA, E. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1624–1629, 2008.

PEREIRA, F.; PERES, F. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.36, n. 87, 2016.

PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS PEREIRA, I. DOS; GONCALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 294–300, 2015.

PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult-to-root hardwood tree

species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213–251, 2011.

PIOUCEAU, J.; BOIS, G.; PANFILI, F.; et al. Effects of high nutrient supply on the growth of seven bamboo species. **International Journal of Phytoremediation**, v. 16, n. 10, p. 1042–1057, 2014.

PURI, S.; VERMA, R. C. Vegetative propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. using softwood and hardwood stem cuttings. **Journal of Arid Environments**, v. 34, p. 235–245, 1996.

RAO, A. N.; RAO, V. R.; WILLIAMS, J. T. **Priority species of bamboo and rattan**. Serdang?: IPGRI and INBAR, 1998.

RAPAKA, V. K.; BESSLER, B.; SCHREINER, M.; DRUEGE, U. Interplay between initial carbohydrate availability, current photosynthesis, and adventitious root formation in *Pelargonium* cuttings. **Plant Science**, v. 168, n. 6, p. 1547–1560, 2005.

SAIFUDDIN, M.; OSMAN, N.; RAHMAN, M. M. Influence of different cutting positions and rooting hormones on root initiation and root-soil matrix of two tree species. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 15, n. 3, p. 427–434, 2013.

SANTOS, J. P. DOS; DAVIDE, A. C.; TEIXEIRA, L. A. F.; MELO, A. J. S.; MELO, L. A. DE. Rooting of lignified cuttings from forest species. **Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais**, v. 17, n. 3, p. 293–301, 2011.

SANTOS, R. G.; SOUSA, I. M. DE; ALBUQUERQUE, C. C. DE; SILVA, K. M. B. E. Tipo de estaca e substrato na propagação vegetativa de *Lippia gracilis* Schauer. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1–4, 2016.

SATISHA, J.; RAMTEKE, S. D.; KARIBASAPPA, G. S. Physiological and biochemical characterisation of grape rootstocks. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 28, n. 2, p. 163–168, 2007.

SCHROEDER, W. R.; WALKER, D. S. Effect of cutting position on rooting and shoot growth of two poplar clones. **New Forests**,

v. 4, n. 4, p. 281–289, 1990.

SHANMUGHAVEL, P.; LAKSHMINARAYANAN, S.; FRANCIS, K. Biomass accumulation and nutrient concentration in *Bambusa vulgaris* Schrad. Ex. J. C. Wendl. **Forests, Trees and Livelihoods**, v. 12, n. 4, p. 321–328, 2002.

SIKUKU, P. A.; W., N. G.; ONYANGO, J. C.; MUSYIMI, D. M. Chlorophyll Fluorescence , Protein and Chlorophyll Content of Three Nerica Rainfed Rice Varieties. **ARNP Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 5, n. 2, p. 19–25, 2010.

SINGH, B.; YADAV, R.; BHATT, B. P. Vegetative propagation of *Dalbergia sissoo*: Effect of growth regulators, length, position of shoot and type of cuttings on rooting potential in stem cuttings. **Forestry Studies in China**, v. 14, n. 3, p. 187–192, 2012.

SINGH, S.; YADAV, S.; PATEL, P. K.; ANSARI, S. A. Adventitious rhizogenesis in *Bambusa nutans* and *Bambusa tulda*: Influence of seasonal variation, IBA and cutting type. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 4, p. 693–696, 2011.

SINGHA, B. L.; HASSAN, Y. Analysis of carbohydrate , moisture content and specific gravity of *Bambusa tulda* with special reference to its harvesting season. **International Journal of Science and Research**, v. 6, n. 1, p. 279–283, 2017.

SOMKUWAR, R. G.; BONDAGE, D. D.; SURANGE, M. S.; RAMTEKE, S. D. Rooting behaviour, polyphenol oxidase activity, and biochemical changes in grape rootstocks at different growth stages. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 3, p. 281–287, 2011.

SORENG, R. J.; PETERSON, P. M.; ROMASCHENKO, K.; et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). **Journal of Systematics and Evolution**, v. 53, n. 2, p. 117–137, 2015.

STEPHEN, D. R.; PALLARDY, G. **Physiology of Woody Plants**. Third Edit ed. Columbia: Elsevier, 2008.

SURENDRAN, T.; SEETHALAKSHMI, K. K. **Investigations**



**on the possibility of vegetative propagation of bamboos and reeds by rooting stem cuttings.** Peechi, 1985.

TACHIBANA, S.; OHKUBO, K.; TOWERS, G. H. N. 4,4'-Dihydroxytruxillic acid as a component of the cell-walls of the bamboo *Phyllostachys edulis*. **Phytochemistry**, v. 31, n. 1, p. 81–83, 1992.

TAHVANAINEN, J.; JULKUNEN-TIITTO, R.; ROUSI, M.; REICHARDT, P. B. Chemical determinants of resistance in winter-dormant seedlings of European white birch (*Betula pendula*) to browsing by the mountain hare. **Chemocology**, v. 2, n. 1, p. 49–54, 1991.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRG, 1995. 174 p.

TEWARI, R. K.; RAM, A.; DEV, I.; SRIDHAR, K. B.; SINGH, R. Farmer-friendly technique for multiplication of bamboo (*Bambusa vulgaris*). **Current Science**, v. 111, n. 5, p. 886–889, 2016.

TOMBOLATO, A. F. C.; GRECO, T. M.; PINTO, M. M. Dez espécies de bambus exóticos mais comuns no paisagismo no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 18, n. 2, p. 105–113, 2012.

WANG, T.; SKIDMORE, A. K.; TOXOPEUS, A. G.; LIU, X. Understory bamboo discrimination using a winter image. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 75, n. 1, p. 37–47, 2009.

WENDLING, I.; BROOKS, P. R.; TRUEMAN, S. J. Topophysis in *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* seedlings: adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **New Forests**, v. 6, n. 10, p. 3763–3778, 2014.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187–194, 2001.

WIESMAN, Z.; LAVEE, S. Relationship of carbohydrate sources and indole-3-butyric acid in olive cuttings. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 5, p. 811–816, 1995.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e técnicas**. 2a. ed. Viçosa, 2013.

YASODHA, R.; KAMALA, S.; KALAIARASI, K. Anatomical and biochemical associated with in vitro rhizogenesis in *Dendrocalamus giganteus*. **Journal of Plant Biochemistry and biotechnology**, v. 19, n. 2, p. 217-222, 2010.

ZACHARIAKIS, M.; TZORAKAKIS, E.; KRITSOTAKIS, I.; SIMINIS, C. I.; MANIOS, V. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. In: Balis et al. (Org.); Proceedings of the International Symposium on Composting of Organic Matter. **Anais...** . p.131–136, 2001. Atenas: Acta Hort.

ZALESNY, R. S.; HALL, R. B.; BAUER, E. O.; RIEMENSCHNEIDER, D. E. Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of *Populus*. **Silvae Genetica**, v. 52, n. 5–6, p. 273–279, 2003.

## CAPÍTULO II

### EFEITO DA POSIÇÃO DA ESTACA E CONCENTRAÇÃO DE AIB NA BROTAÇÃO E ENRAIZAMENTO DE *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldoides*.

**RESUMO** - Em vários países, a demanda pelo bambu como matéria prima aumentou nos últimos anos, para a fabricação de móveis, painéis, na alimentação, paisagismo, construção, entre outros usos. Apesar da importância do bambu e de seus benefícios, a falta de disponibilidade de mudas representa o grande gargalo para a produção da matéria-prima. *Bambusa oldhamii* Munro e *B. tuldoides* Munro são espécies exóticas entouceirantes estabelecidas no Brasil e amplamente cultivadas na Ásia, com potencial agregado para diversos usos. Devido aos longos intervalos entre as florações, com baixa viabilidade e disponibilidade de sementes, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento inicial de propágulos e indução de raízes adventícias de estacas, considerando o efeito da posição destas nas plantas matrizes e das concentrações de ácido 3-indolbutírico (AIB). As estacas foram coletadas nas diferentes posições basal e mediana, e após a imersão rápida em soluções aquosas de AIB a 0, 250, 500, 1000 e 2000 ppm, o plantio foi feito em sacos de mudas contendo uma mistura de Trosprato florestal e areia média (1:1) e mantidos em casa de vegetação sob irrigação por nebulização. A avaliação ocorreu 90 dias após a implantação do experimento. O efeito significativo do fator posição foi relativo às características morfológicas das estacas e à brotação nas duas espécies. O uso do AIB não produziu efeito sobre nenhuma variável em ambas as espécies. Para a espécie *B. tuldoides* foram reveladas diferenças significativas no diâmetro de base das estacas da posição basal, e no maior número de folhas e brotações, massa seca de brotos e folhas e % de estacas com brotações em estacas da posição mediana. As estacas medianas demonstraram maiores tendências de sobrevivência, brotação e enraizamento do que as estacas basais, e as probabilidades indicam que o aumento de AIB provoca a redução nos valores dessas variáveis. Em *B. oldhamii*, as estacas medianas apresentaram significativamente maior comprimento e maior número de brotos. As tendências quanto a sobrevivência e

enraizamento evidenciaram maiores valores em estacas da posição basal. O aumento da concentração de AIB mostrou uma tendência ao aumento no número de raiz nas estacas da posição basal, e uma redução do número de raiz em estaca mediana. O presente estudo revelou que estacas medianas produzem mais brotações em ambas as espécies. O método de propagação por estaquia de ramos laterais para ambas espécies não é efetivo para a produção de mudas.

**Palavras-chave:** bambu, propagação, estaquia, auxina, parte aérea, raiz.

## 1- INTRODUÇÃO

Os bambus são gramíneas perenes do grupo das monocotiledôneas, pertencentes a família Poaceae (KAUSHAL et al., 2011). A tribo Bambuseae representa as espécies paleotropicals e neotropicales de colmos lignificados, com complexa ramificação e sistema de rizomas, e longos intervalos entre as florações (KAUSHAL et al., 2011; KIM et al., 2016), correspondendo assim aos gêneros de bambus de grande valor econômico agregado, devido a potencialidade de emprego em diversos usos.

Em vários países, a demanda pelo bambu como matéria prima aumentou nos últimos anos, para a fabricação de móveis, painéis, alimentação, paisagismo, construção, entre outros usos (SAAD et al., 2016). Em consequência ao decréscimo da quantidade e qualidade dos recursos florestais, e da demanda por material renovável e de baixo custo, o bambu vem sendo apontado como um recurso substituto à biomassa madeireira, e dessa forma, impulsionando o desenvolvimento de plantios comerciais da cultura (KOSHY; GOPAKUMAR, 2005; LIESE; KOHL, 2015). Apesar da importância do bambu e de seus benefícios, a falta de disponibilidade de mudas representa o grande gargalo para a produção comercial da matéria prima (KOSHY; GOPAKUMAR, 2005).

*Bambusa oldhamii* Munro, é uma planta perene lignificada com rizomas simpodiais, são cultivadas nas regiões sul subtropicais, em uma ampla diversificação de habitats. As folhas tradicionalmente são utilizadas como medicamento na Ásia, os colmos são matéria-prima na produção de pasta de celulose, e em uma grande variedade de usos, e os brotos são muito apreciados na alimentação. *B. oldhamii* também é uma boa espécie para uso em reflorestamento, e para conservação da água e do solo (OTHMAN et al., 1996; LIU et al., 2008).

*Bambusa tuldoides* Munro é uma espécie nativa do Sul da China e Vietnã, sendo introduzida e cultivada em vários países do mundo (GUERREIRO; LIZARAZU, 2010), inclusive no Brasil. A produção comercial da espécie é significativa na Ásia, com fins de ornamentação (bonsai) e produtos medicinais (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995). Os colmos são usados em equipamentos agrícolas e como postes de iluminação e andaimes, enquanto que os nós são empregados em utensílios de tecelagem e artesanato e,

os brotos são comestíveis (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995). A floração pode começar aos 50 anos de idade, e no sul da China há registros recorrentes de touceiras mortas após a floração, e como resultado, a baixa produção de sementes (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995).

Como a maioria dos bambus possui floração do tipo gregária e de longos intervalos (variando entre 7 a 120 anos) (KELCHNER et al., 2013), a implantação de plantios de larga escala a partir de sementes é limitada. Mesmo que as sementes estejam disponíveis, estas possuem baixa viabilidade e baixa capacidade de armazenamento (KAUSHAL et al., 2011), reduzindo a taxa de sucesso na germinação de sementes (AIER; KHARE, 2016). Convencionalmente, a maioria das espécies de bambus são reproduzidas e cultivadas através da propagação vegetativa, na forma de estacas de colmo, estacas de ramos, rizomas (*offsets*), alporquia, macroproliferação de plântulas e cultura de tecidos (KOSHY; GOPAKUMAR, 2005; AIER; KHARE, 2016), e estes métodos devem ser desenvolvidos para o máximo aproveitamento do potencial na propagação (SINGH et al., 2011).

A propagação através de estacas de ramos laterais apresenta vantagens dentre os outros métodos (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985), sendo o material de menor valor agregado do bambu, disponíveis em quantidade, e pela facilidade de manuseio devido ao menor tamanho e peso (AGNIHOTRI; ANSARI, 2000). Embora este seja o método mais adequado no estabelecimento de plantios em larga escala de *Dendrocalamus asper* na Tailândia (DRANSFIELD; WIDJAJA, 1995), não foram encontrados registros sobre o potencial da propagação vegetativa através de estacas de ramos laterais em *B. oldhamii* e *B. tuldooides*. O método da estaquia do ramo lateral é limitado a espécies de bambu com grande e dominante ramo primário, com raízes primordiais e gemas dormentes na base do ramo (OTHMAN et al., 1996).

A capacidade de enraizamento adventício varia significativamente de acordo com a espécie de bambu, uma vez que algumas espécies apresentam enraizamento recalcitrante (SINGH et al., 2006). Em estacas de bambu, o enraizamento é influenciado por um complexo conjunto de fatores, como o estoque de nutrientes (GUPTA; PATTANATH, 1976), idade da estaca (SAHARIA; SEN, 1990), estação do ano (RAZVI et al., 2011; SINGH et al., 2011; GULABRAO et al., 2012), espécie (SINGH et al.,

2006; GULABRAO et al., 2012), tipo de estaca (SINGH et al., 2011; DEB et al., 2016), e aplicação e/ou concentração de reguladores de crescimento (AGNIHOTRI; ANSARI, 2000; PATTANAIAK et al., 2004; HOSSAIN et al., 2005; KAUSHAL et al., 2011), entre outros.

Outro fator que influencia na capacidade de enraizamento de estacas é a posição do propágulo na planta matriz, o que está relacionado ao caráter de juvenildade expressa em distintos gradientes nas plantas (XAVIER et al., 2013). A posição de um meristema ao longo do tronco ou ramos determina o grau de juvenildade do propágulo, de forma que o meristema apical do caule ou ramos é menos juvenil do que as porções localizadas próximas ao sistema radicial da planta (CASO, 1992). Portanto, considera-se que o fator posição dentro da planta doadora (topófitse) influencia o estado de maturação dos propágulos, com efeitos na frequência do enraizamento e da qualidade do sistema radicular (MITCHELL et al., 2004).

Alguns estudos confirmam a eficiência da aplicação de reguladores de crescimento no enraizamento de estacas de diferentes espécies de bambu (AGNIHOTRI; ANSARI, 2000; PATTANAIAK et al., 2004; HOSSAIN et al., 2005; NETO et al., 2009; KAUSHAL et al., 2011). Em geral, a escolha do tipo de regulador de crescimento com atividade tipo auxina, ocorre pela melhoria no processo de enraizamento e das estacas de *B. vulgaris* (RAZVI et al., 2011). As auxinas influenciam a hidrólise de polissacarídeos, resultando no aumento do conteúdo de açúcar fisiologicamente ativo, o que é necessário para fornecer energia para tecidos meristemáticos e, principalmente, para primórdios radiculares e formação de raízes (HUSEN; PAL, 2007a).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da posição dos ramos (basal e mediana) na planta matriz e da aplicação de diferentes concentrações de ácido 3-indolbutírico (AIB) no desenvolvimento inicial de propágulos e indução e crescimento de raízes adventícias em estacas de ramo lateral de *B. tuldoides* e *B. oldhamii*, a fim de aumentar o conhecimento sobre técnicas de propagação vegetativa para ambas as espécies, e validar a técnica da estaquia de ramos laterais perante aos tratamentos.





## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL VEGETAL

Ramos laterais de *Bambusa oldhamii* foram coletados a partir de plantas matrizes localizadas em propriedade particular no município de Rancho Queimado (SC, Brasil), situada na latitude 27,67°S e longitude 49,01°O, enquanto que os de *Bambusa tuldoides* foram provenientes de indivíduos localizados na Fazenda Experimental da Ressacada da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil), situada na latitude 27,41°S e longitude 48,32°O. Ambas as coletas foram realizadas em julho de 2016. Coletou-se os ramos laterais localizados na porção basal e mediana de colmos com 1 a 3 anos de idade e que possuíam gemas tenras e de aspecto juvenil. As estacas foram padronizadas contendo três nós, como demonstrado no anexo 1. As temperaturas médias máximas e mínimas dos meses de permanência do experimento foram: 19,7 °C e 13,0 °C (julho), 21,5 °C e 14,3 °C (agosto), 23,0 °C e 14,3 °C (setembro) (EPAGRI/CIRAM).

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Experimental da Ressacada da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados. Os dados foram analisados considerando a média da parcela e o arranjo utilizado foi o de parcelas subdivididas, sendo o tratamento principal (parcela) posição das estacas, e o sub tratamento (sub parcela), doses de AIB. Foram instaladas 5 repetições para cada espécie, e 35 estacas por tratamento, sendo a unidade experimental composta por 7 estacas, com o intuito de avaliar o efeito da interação entre a posição do ramo (basal e mediana) e concentrações de AIB (0 ppm (controle), 250ppm, 500ppm, 1000ppm e 2000ppm), como visualizado no anexo 2.

Para o plantio, foram utilizados sacos de mudas de polietileno, com volume de 2,2 L, contendo uma mistura de areia média e substrato Florestal R (1:1). As bases das estacas foram mergulhadas em solução aquosa contendo AIB

pelo método de imersão rápida, durante 10 segundos. Logo em seguida as estacas foram inseridas no substrato até a cobertura da primeira gema.

Para a irrigação foi implantado um sistema de nebulização atuando de 6:00 até 18:00, em escalas de modo ligado variando de 5 a 10 minutos, com intervalos de 25 a 45 minutos, sendo os períodos de intervalos menores em turnos com maiores temperaturas no dia (10h – 14h30). O experimento foi implantado na primeira semana de julho de 2016.

### 2.3 AVALIAÇÕES

No início do experimento, foram mensurados o comprimento e o diâmetro de base das estacas (cm) de *B. oldhamii* e *B. tuldooides*.

Noventa dias após o plantio (90 DAP), as estacas foram avaliadas quanto ao número de brotações por estaca, número de folhas por estaca, massa seca de brotos e folhas por estaca (mg), porcentagem de sobrevivência (parâmetro estabelecido através da presença ou ausência de tecido clorofilado), porcentagem de brotação, porcentagem de enraizamento, número de raízes, comprimento médio das três maiores raízes (cm), massa seca de raiz. Essas avaliações foram realizadas na Fazenda Experimental da Ressacada e no Laboratório de Fisiologia do Metabolismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

#### **Avaliações da parte aérea das estacas**

Na avaliação da parte aérea das amostras, foram mensurados: comprimento e diâmetro da base das estacas, porcentagem de estacas sobreviventes, estacas com brotações, número de brotações e número de folhas. Foram consideradas estacas mortas aquelas que apresentaram a coloração amarelada (em processo de secagem) ou amarronzada (seca). Considerou-se todos os brotos e folhas de cada estaca, e calculou-se a média de folhas e brotos/estaca de cada tratamento.

## **Avaliações da porção radicular das estacas**

Foram avaliadas a porcentagem de estacas enraizadas, número de raízes por estaca e comprimento médio, sendo este obtido das três maiores raízes de cada estaca.

## **Partição da biomassa**

Realizou-se a separação dos ramos em: raízes e brotações com folhas. As amostras foram levadas à estufa com temperatura de 65°C para secagem até atingirem peso constante, e pesou-se as massas das amostras para quantificação do teor de matéria seca (MS)

## **2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados foram analisados através do programa STATISTICA 7. Os dados que não apresentaram homogeneidade de variância e normalidade foram transformados e os que dados transformados que não mostraram homogeneidade de variância e normalidade foram analisados por meio do teste Kruskal-Wallis para o efeito de um (01) tratamento. A interação entre os fatores foi verificada através do teste Friedman, e quando preciso foi aplicado o teste de comparação múltipla Simes-Hochberg (Kruskal) ou Nemenyi (Friedman) ( $p < 0,05$ ). Os dados de enraizamento de *B. oldhamii*, como número de raiz, comprimento de raiz e massa seca de raiz foram avaliados por análise de regressão simples através do Software R. Não foram processados os dados relacionados ao enraizamento para *B. tuldooides* por não apresentarem número amostral suficiente de mudas enraizadas.



### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 *Bambusa tuldoides*

Com relação a posição da estaca na planta matriz, as estacas basais de *B. tuldoides* apresentaram significativamente maiores valores do diâmetro de base da estaca (DB (1,06cm) quando comparadas à posição mediana (0,98cm) (Tabela 1). Em *Ficus carica*, também foi constatado maiores diâmetros em estacas basais em relação às estacas mais próximas do ápice (DIAS et al., 2013). Assim como para DB, o comprimento da estaca (CPE) foi superior na parte basal, no entanto não apresentou diferenças significativas (Tabela 1). A capacidade de enraizamento pode ser positivamente relacionada ao volume da estaca (HOSSAIN et al., 2006), sendo relacionado ao comprimento e diâmetro, e associados a uma maior quantidade de fotoassimilados, sendo fonte para a produção e biomassa de raízes em estacas (ZALESNY et al., 2003). Leakey e Mohammed (1985) observaram que as estacas de nó basal de *Triplochiton scleroxylon* que possuíam maior volume, exibiram melhor enraizamento. O diâmetro da estaca também pode estar relacionado positivamente a sua sobrevivência (PACHECO; TEREZINHA, 2008). Porém, o DB não foi relacionado a porcentagem de estacas enraizadas (%EE) em *B. tuldoides*, visto que apenas 0,87% das estacas produziram raízes (Tabela 3). Em bambu, estacas de *Bambusa vulgaris* e *Arundinaria alpina*, não diferiram quanto aos diâmetros dos colmos entre as posições basal, mediana e apical (NTIRUGULIRWA et al., 2012).

**Tabela 1.** Comprimento da estaca e diâmetro da base mensurados na implantação do experimento, e variáveis relacionadas à parte aérea: número de brotos por estaca, número de folhas por estaca e massa seca de brotos e folhas por estaca, em *B. tuldoides*, sob o efeito das posições da estaca e da concentração de AIB, mensurados aos 90 DAP.

Variável	Comprimento da estaca (cm)		Diâmetro da base (cm)	
Tratamento	Posição		Posição	
	Basal	43,50 a	Basal	1,06 a
	Mediana	42,62 a	Mediana	0,98 b
Teste F	2,71ns			
Teste H			20,67***	

Variável		Número de brotos por estaca		
Tratamento	Posição	AIB		
	Basal	2,38 b	0	3,5 a
	Mediana	3,73 a	250	3,04 a
	-		500	2,85 a
	-		1000	3,41 a
	-		2000	2,48 a
Teste H		23,07***		5,53ns
Interação (Q)	25,65**			
		Número de folhas por estaca		
	Posição	AIB		
	Basal	1,56 b	0	3,05 a
	Mediana	3,58 a	250	2,81 a
	-		500	1,81 a
	-		1000	2,75 a
	-		2000	2,44 a
Teste H		20,04***		3,67 ns
Interação (Q)	25,97**			
		Massa seca de brotos e folhas (mg)		
	Posição	AIB		
	Basal	42,86 b	0	84,51 a
	Mediana	63,88 a	250	56,65 a
	-		500	37,12 a
	-		1000	51,09 a
	-		2000	37,48 a
Teste H		21,49***		6,88 ns
Interação (Q)	30,02***			

\*\* = significativo pelos testes F, Kruskal-Wallis (H) e Friedman (Q) ( $p < 0,01$ ); \*\*\* = significativo pelos testes F, Kruskal-Wallis (H) e Friedman (Q) ( $p < 0,001$ ); ns = não significativo.

Dentro de cada fator de tratamento, os valores marcados pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de comparações múltiplas Simes-Hochberg ou Nemenyi ( $p < 0,05$ ).

Ainda foi observada a correlação negativa entre o DB e o número de folhas (NF) (-0,7) (Tabela 2), o que pode ser confirmado pelo valor significativamente superior de NF nas estacas da posição mediana quando comparadas as estacas da

posição basal (Tabela 1), e esse resultado é contrário ao encontrado na literatura, onde supõe-se que, através do balanço auxina/ citocinina, o maior diâmetro promova melhor formação de brotações laterais (DIAS et al., 2013),e conseqüentemente de folhas. Apesar do maior diâmetro em estacas ser associado a um maior acúmulo de reservas, como amido e carboidratos, sendo essenciais a produção de novas estruturas vegetativas das estacas, o parâmetro (DB) não implicou no aumento das respostas de brotos, folhas e raízes em estacas de *B. tuldoides*.

**Tabela 2.** Correlação das variáveis avaliadas: diâmetro da base da estaca (DB), % estacas brotadas (%EB), % estacas enraizadas (%EE), número de brotos (NB), número de raízes (NR), massa seca de raiz (MSR), número de folhas (NF) e massa seca de brotos e folhas (MSBF) de *B. tuldoides* com valores de R<sup>2</sup> significativos.

Variável	DB	%EB	%EE	NB	NR	MSR	NF	MSBF
NF	-0,7	0,9	0,77	0,85	0,64	0,65	-	0,68
NB	-	0,95	-	1,0	0,66	0,72	0,85	0,7
%ES	-	-	0,65	-	0,7	0,7	-	-
%EE	-	-	-	-	0,65	0,65	-	-

Ainda analisando o fator posição, as estacas da posição mediana mostraram respostas significativamente superiores no desenvolvimento da parte aérea: número de brotos (NB), número de folhas (NF), massa seca de broto e folha (MSBF) (Tabela 1) e na porcentagem de estacas brotadas (Tabela 3). Também foram encontrados nos estudos para bambus *Arundinaria alpina* e *Bambusa vulgaris* (NTIRUGULIRWA et al., 2012), e para outras espécies frutíferas e florestais, como *Ficus carica* (PIO et al., 2006) e *Tectona grandis* (HUSEN; PAL, 2007b), que as estacas de posições mediana ou superiores produziram quantitativamente maiores estruturas de brotos e/ou folhas do que a posição basal. Esse resultado pode ser atribuído a baixa relação C/N existentes em estacas medianas, quando comparada as estacas basais, como identificado nos resultados do Capítulo I, associado indiretamente a maiores valores de nitrogênio. De acordo com Haissig (1974), baixas proporções C/N favorecem o crescimento dos brotos. Em estacas de *Ulmus villosa*, um alto conteúdo de nitrogênio presente em estacas possivelmente estimulou o desenvolvimento de brotos e teve efeitos negativos no enraizamento através da competição

por carboidrato, nutrientes e hormônios (BHARDWAJ; MISHRA, 2005). Segundo a literatura, a brotação de gemas nodais é determinada pela posição da estaca (HANSEN, 1986) e pela idade cronológica (NUERTEY et al., 2009).

**Tabela 3.** Valores médios (%) relativos a sobrevivência, brotação e enraizamento das estacas de *B. tuldoides*, sob o efeito da posição na planta matriz e da aplicação de AIB.

Variável	Sobrevivência (%)			
Tratamento	Posição	AIB		
	Basal	15% a	0	8% a
	Mediana	17% a	250	7% a
	-		500	6% a
	-		1000	6% a
	-		2000	6% a
Total	33%			
Teste F		0,66ns		0,42ns
	<b>Estacas brotadas (%)</b>			
		Posição	AIB	
	Basal	27% b	0	14% a
	Mediana	40% a	250	13% a
	-		500	13% a
	-		1000	14% a
	-		2000	13% a
Total	67%			
Teste H		18,47***		1,25ns
Interação (Q)	23,56**			
	<b>Estacas enraizadas (%)</b>			
		Posição	AIB	
	Basal	0,29% a	0	0,29% a
	Medina	0,57% a	250	0,29% a
	-		500	0% a
	-		1000	0,29% a
	-		2000	0% a
Total	0,87%			
Teste H	0,34ns			2,09ns
Interação (Q)	7,56ns			



\*\* = significativo pelos testes F (F), Kruskal-Wallis (H) e Friedman (Q) ( $p < 0,01$ ); ns = não significativo

Dentro de cada fator de tratamento, os valores marcados pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de comparações múltiplas Simes-Hochberg ou Nemenyi ( $p < 0,05$ ).

Porém, considerando a interação entre os fatores (Tabela 4), foram observadas diferenças significativas para NB entre estacas da posição mediana sem aplicação de AIB - 0 ppm (4,37) e estacas da posição basal com aplicação de AIB nas concentrações 500ppm (1,83), 2000ppm (1,86); para NF entre estacas mediana sem aplicação de AIB -0 ppm (4,3) e estacas basal com aplicação de AIB na concentração 500ppm (1,03); para MSBF entre estacas mediana nas concentrações 0 ppm (84mg), e na concentração 250 ppm (83mg) e estacas basal na concentração de 500ppm (24mg); e %EB entre estacas mediana nas concentrações 0 ppm, 250ppm, 500 ppm (83%) e estacas basal nas concentrações 500ppm, 2000 ppm (43%).

**Tabela 4.** Número de brotos (NB), número de folhas (NF), massa seca de brotos e folhas (MSBF) e porcentagem de estacas brotadas (%EB) em estacas de *B. tuldoides* sob o efeito da interação AIB x posição das estacas.

Tratamento		Variável			
Posição	AIB (ppm)	NB	NF	MSBF (mg)	% EB
Basal	0	2,63 ab	1,83 ab	35 ab	57% ab
	250	2,03 ab	1,54 ab	30 ab	51% ab
	500	1,83 b	1,03 b	24 b	43% b
	1000	3,6 ab	2,17 ab	46 ab	69% ab
	2000	1,86 b	1,26 ab	29 ab	43% b
Mediana	0	4,37 a	4,3 a	84 a	83% a
	250	4,06 ab	4,09 ab	83 a	83% a
	500	3,89 ab	2,6 ab	50 ab	83% a
	1000	3,23 ab	3,34 ab	57 ab	74% ab
	2000	3,11 ab	3,63 ab	46 ab	74% ab

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % pelo teste de Nemenyi

Dessa forma, as estacas sem uso de AIB (0 ppm) da posição mediana apresentaram as melhores respostas quando comparadas a posição basal com aplicação de 500 ppm de AIB, que, em geral, induziu o menor resultado para todas as variáveis vinculadas a parte aérea (Tabela 4). Como explicado por Hartmann et al. (2002), as auxinas inibem o desenvolvimento de gemas, ratificando assim a tendência de resultados superiores encontrados nas estacas medianas sem aplicação de AIB (0 ppm), seguidas de baixas concentrações (250 e 500 ppm) na produtividade das estruturas aéreas (Tabela 4). A aplicação de auxinas também não diferiu na % de brotação para estacas de ramo lateral de *B. tulda* (SINGH et al., 2011), *D. strictus*, e *O. scitiproria* (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985).

Já em estacas da posição basal, em geral, a aplicação de 1000 ppm inferiu melhores respostas para as variáveis relacionadas a parte aérea que as demais concentrações, porém sem diferenças significativas (Tabela 4). A aplicação de auxina também induziu respostas na parte aérea como: no maior número de brotações por estaca em *Bambusa vulgaris* (RAZVI et al., 2011), em estacas de *B. ventricosa* (SAAD et al., 2016), em estacas de *B. naithani* (DEB et al., 2016) e na porcentagem de brotação em estacas de diferentes espécies de *Bambusa* e *Dendrocalamus* (KAUSHAL et al., 2011).

As variáveis da parte aérea (NB, NF, MSBF, %EB) se correlacionam positivamente entre elas, NF com MSBF (0,68), com NB (0,85) e com % EB (0,9) (Tabela 2), atestando os resultados semelhantes encontrados para essas variáveis na interação entre os fatores estudados (Tabela 4).

Também foi identificada a tendência de menores resultados de sobrevivência (%), estacas brotadas (%) e estacas enraizadas (%) na posição basal (Tabela 3). A importância da relação entre a sobrevivência e o enraizamento de estacas de *B. tuldoidea* foi identificada nesse estudo através da correlação positiva entre as variáveis estacas sobreviventes (%ES) e as estacas enraizadas (% EE) (0,65). Em estacas de *U. villosa*, o percentual de sobrevivência também foi intimamente relacionado ao número de raízes primárias, sugerindo que as estacas com mais raízes possuem uma melhor capacidade de absorção de nutrientes e água (BHARDWAJ; MISHRA, 2005). Porém ainda deve-se considerar o fato de que 67% das estacas emitiram brotações e apenas 0,87% emitiram raízes (Tabela 3).

Kibbler et al. (2004) relatou que as gemas axilares possuem um efeito inibidor sobre o enraizamento, sugerindo que a presença de brotos axilares em crescimento ativo são uma indicação do crescimento geral e da condição da planta mãe não relacionadas à formação do enraizamento adventício. Após o plantio, as gemas irrompem em pequenos brotos e folhas, funcionando com um dreno metabólico, podendo conduzi-las à morte, principalmente se o surgimento dessas estruturas antecederem a emissão das raízes adventícias nas estacas (LIMA et al., 2006), como observado em estacas de *Guadua chacoensis* (CHACÓN; LONGHI, 1998), e provavelmente como a causa principal responsável pelos 67% de estacas mortas encontradas no presente estudo (Tabela 3).

Com as probabilidades geradas através da regressão logística pode-se inferir tendências mais refinadas para as variáveis entre os tratamentos, como verificado na Tabela 5, indicando que as probabilidades de brotação (P\_EB), sobrevivência (P\_ES) e enraizamento (P\_EE) nas estacas de *B. tuldoides* diminuem à medida em que se aumenta a concentração de AIB, tanto para as posições mediana quanto para a basal em *B. tuldoides*. Os resultados são condizentes quando comparados o tratamento controle (0 ppm) e as maiores concentrações de auxina utilizada no estudo para sobrevivência e enraizamento de *Gigantochloa levis* (OTHMAN et al., 1996) e enraizamento de estacas de colmo compostas por três gemas de *Chusquea tessellata* (INSUASTY-TORRES et al., 2011), confirmando assim, as afirmativas de Hartmann et al. (2002) de que a alta concentração de auxina sintética em estacas de caule pode danificar tecidos e inibir o desenvolvimento de gemas. Houve o mesmo padrão de decréscimo de acordo com o aumento gradativo de AIB para % de estacas brotadas, enraizadas e sobreviventes em *Guadua angustifolia* (FONSECA, 2007).

**Tabela 5.** Valores das probabilidades de brotação (P\_EB), sobrevivência (P\_ES) e enraizamento (P\_EE) em estacas da posição basal e mediana de *B. tuldoides* em relação a concentração de AIB.

Tratamento		Variáveis		
Posição	AIB	P_EB	P_ES	P_EE
Basal	0	0,287	0,379	0,019
Basal	250	0,284	0,369	0,015
Basal	500	0,280	0,358	0,012
Basal	1000	0,273	0,338	0,008
Basal	2000	0,260	0,299	0,003
Mediana	0	0,112	0,429	0,038
Mediana	250	0,111	0,419	0,030
Mediana	500	0,109	0,408	0,024
Mediana	1000	0,106	0,386	0,015
Mediana	2000	0,099	0,344	0,006

No presente trabalho, supõe-se que o AIB e/ou as concentrações do regulador de crescimento podem não ser apropriadas para o enraizamento de estacas de *B. tuldoides*, considerando também que há alteração de substâncias aliadas ao enraizamento nas estacas durante o ano, entre outros fatores. Nem sempre o tratamento com reguladores de crescimento garante uma boa resposta na formação de raízes, pois a concentração hormonal necessária é variável para cada espécie de bambu (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985).

### 3.2 *Bambusa oldhamii*

Como observado na tabela 6, o CPE de *B. oldhamii* na posição mediana (47,65cm) apresentou diferença significativa quando comparada a estacas da posição basal (39,7 cm). Todas as estacas foram padronizadas em 3 gemas, assim esclarecendo que os comprimentos dos internós das estacas na posição mediana são maiores. Em termos de estrutura do colmo, a porção basal em *Bambusa vulgaris* apresentou o maior comprimento de internos quando comparado as demais porções do colmo (TEWARI et al., 2016). Nicoloso et al. (2001) relatou que o comprimento não foi significativo no desenvolvimento radicular de estacas de diferentes comprimentos em *Pfaffia glomerata*, corroborando

com o resultado encontrado no presente trabalho, visto que apesar das estacas medianas exibirem maior comprimento, a maior tendência de enraizamento ocorreu, em geral, em estacas da posição basal, evidenciando que a variável comprimento não é um dos fatores responsáveis pelo efeito no enraizamento das estacas (Tabela 8).

**Tabela 6.** Comprimento da estaca e diâmetro da base mensurados na implantação do experimento, e variáveis relacionadas à parte aérea: número de brotos por estaca, número de folhas por estaca e massa seca de brotos e folhas por estaca, em *B. oldhamii*, sob o efeito das posições da estaca e da concentração de AIB, mensurados aos 90 DAP.

Variável	Comprimento da estaca (cm)		Diâmetro da base (cm)	
Tratamento	Posição		Posição	
	Basal	39,75 b	Basal	1,35 a
	Mediana	47,65 a	Mediana	1,37 a
Teste F	43,20***			
Teste H			1,48ns	
<b>Número de brotos por estaca</b>				
	Posição		AIB	
	Basal	5,00 b	0	5,63 a
	Mediana	6,58 a	250	5,94 a
	-		500	6,3 a
	-		1000	5,71 a
	-		2000	5,35 a
Teste H	23,20***		2,33ns	
Interação (Q)	16,67ns			
<b>Número de folhas por estaca</b>				
	Posição		AIB	
	Basal	8,16 a	0	8,85 a
	Mediana	9,04 a	250	8,4 a
	-		500	9,00 a
	-		1000	8,6 a
	-		2000	8,20 a
Teste H	6,19ns		1,74ns	
Interação (Q)	3,99ns			

Variável		Massa seca de brotos e folhas (mg)		
Tratamento	Posição		AIB	
	Basal	29,05 a	0	31,97 a
	Mediana	31,66 a	250	28,56 a
	-		500	30,89 a
	-		1000	29,51 a
	-		2000	30,35 a
Teste F		0,37ns		0,34ns
Interação		4,72ns		

\* = significativo pelo teste ( $p < 0,05$ ); \*\* = significativo pelo teste ( $p < 0,01$ ); \*\*\* = significativo pelo teste ( $p < 0,001$ ); ns = não significativo. Dentro de cada fator de tratamento, os valores marcados pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de comparações múltiplas Simes-Hochberg ou Nemenyi ( $p < 0,05$ ).

O maior comprimento ou volume da estaca foi relacionado a um maior crescimento aéreo de *B. ventricosa* (CHHETRI; KUMAR, 2015), respaldando os resultados encontrados para *B. oldhamii*, dado que a variável NB (6,58) foi significativamente superior em estacas da posição mediana quando comparado a posição basal (5,00) (Tabela 6). Ainda foi constatada a correlação positiva entre o comprimento de estacas e o número de brotos (0,65) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Correlação das variáveis avaliadas: número de brotos (NB), estacas sobreviventes (%ES), estacas brotadas (%EB), massa seca de broto e folha (MSBF) e massa seca de raiz (MSR) de *B. oldhamii* com valores de  $R^2$  significativos.

Variável	NB	%ES	%EB	MSBF	MSR
CPE	0,65	-	-	-	-
%EE	-	0,87	-	-	-
CPR	-	-	0,69	-	-
NF	0,75	-	-	0,66	0,63
MSR	-	-	-	0,7	1,0

O maior NB em estacas da posição mediana está de acordo com os estudos para os propágulos de *Arundinaria alpina*

e *Bambusa vulgaris* (NTIRUGULIRWA et al., 2012), *Ficus carica* (PIO et al., 2006) e *Tectona grandis* (HUSEN; PAL, 2007b). O crescimento inicial dos brotos relaciona-se com um menor ou maior armazenamento de nutrientes existentes em uma determinada posição e idade das estacas (RODRÍGUEZ; LONGHI, 1998), e as estacas da posição basal apesar de terem recursos de nutrientes significativos em relação a posição mediana/apical, não o utilizam como tal, durante a brotação (CHACÓN; LONGHI, 1998). Apesar do NF e a MSBF não apresentarem diferenças significativas, também revelam maiores valores na posição mediana, sendo verificadas através da correlação positiva entre NF com o NB (0,75) e com a MSBF (0,66) (Tabela 7). A parte aérea não foi influenciada significativamente pela aplicação de AIB (Tabela 6).

Foi verificada ainda a correlação positiva entre a MSR e a MSBF (0,7) e o NF (0,63) (Tabela 7), e assim como os resultados encontrados para *B. tuldoidea*, evidencia uma relação importante entre parte aérea e enraizamento, onde a presença de folhas e gemas nas estacas exercem grande influência na formação de raízes adventícias, pelo fato de serem eficazes na produção de auxinas, carboidratos e em substâncias cofatores do enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

As variáveis sobrevivência (%), estacas brotadas (%) e estacas enraizadas (%) não diferiram significativamente quanto a concentração de AIB e a posição (Tabela 8). Apesar de inúmeros trabalhos relacionarem o efeito da auxina em estaquia de colmos e ramos de bambu, com um aumento significativo no percentual de enraizamento de diversas espécies (AGNIHOTRI; ANSARI, 2000; PATTANAIK et al., 2004; HOSSAIN et al., 2005; SINGH et al., 2011), o presente estudo não pode verificar os mesmos resultados, visto que 10,6% das estacas obtiveram raízes, porém verificou-se a tendência de um maior enraizamento com a aplicação da maior concentração de AIB – 2000 ppm (3,14%) (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios (%) relativos a sobrevivência, brotação e enraizamento das estacas de *B. oldhamii*, sob o efeito da posição na planta matriz e da aplicação de AIB.

Variável		Sobrevivência (%)		
Tratamento	Posição	AIB		
	Basal	13% a	0	4% a
	Mediana	10% a	250	4% a
	-		500	3% a
	-		1000	6% a
	-		2000	6% a
Total	23%			
Teste H		1,84ns		5,43ns
Interação (Q)	13,09ns			
Estacas brotadas (%)				
		Posição	AIB	
	Basal	47% a	0	17% a
	Mediana	45% a	250	18% a
	-		500	19% a
	-		1000	19% a
	-		2000	19% a
Total	92%			
Teste H		0,23ns		7,33 ns
Interação (Q)	10,56ns			
Estacas enraizadas (%)				
		Posição	AIB	
	Basal	7,14%a	0	2,29%a
	Mediana	3,43% a	250	1,14% a
Estacas enraizadas (%)				
		Posição	AIB	
	-		500	2,00%a
	-		1000	2,00%a
	-		2000	3,14%a
Total	10,6%			
Teste H		3,70ns		3,28ns
Interação (Q)	14,21ns			

ns = não significativo pelos testes Kruskal-Wallis (H) e Friedman (Q) ( $p < 0,01$ );



No entanto, pode ser observada que a tendência de estacas enraizadas na posição basal (7,14%) é superior quando comparada a posição mediana (3,43%) (Tabela 8), e possivelmente esse resultado é relacionado a menores teores de lignina, maior relação de carboidratos solúveis totais e teor de amido, e maior relação C/N, como relatado no Cap. I para essa posição. A capacidade de enraizamento de estacas é variável entre as diferentes partes do colmo (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985), supostamente devido às diferenças no nível de reservas (BHARDWAJ; MISHRA, 2005), visto que a composição química do tecido varia ao longo do ramo. Deste modo, em estacas de bambu, como no caso de *G. angustifolia*, o uso da porção basal proporciona maior potencial de enraizamento de estacas (FONSECA, 2007), assim como relatado também em outras espécies, como pra *T. scleroxylon* (LEAKEY, 2004), *Ulmus villosa* (BHARDWAJ; MISHRA, 2005), e *Platanus acerifolia* (NICOLOSO et al., 1999).

Evidenciado pela correlação positiva entre %ES e %EE (0,87) (Tabela 7), a tendência para sobrevivência (%) também foi maior nas estacas da posição basal (Tabela 8). A maior capacidade de enraizamento e a taxa de sobrevivência de estacas extraídas da posição basal estão de acordo com os estudos de Saifuddin et al. (2013) conduzidos na espécie *Peltophorum pterocarpum*.

Através das probabilidades geradas pelas regressões logísticas, foi identificado que as probabilidades de brotação, sobrevivência e enraizamento aumentam de acordo com o aumento da concentração de auxina (Tabela 9) em ambas as posições, sendo a probabilidade superior em estacas basais. A aplicação exógena de reguladores de crescimento influencia positivamente a indução e o crescimento de raízes adventícias (HOSSAIN et al., 2006), sobrevivência (NAGARAJAIAH et al., 1994; PATTANAIK et al., 2004; HOSSAIN et al., 2005, 2006; KAUSHAL et al., 2011) e brotação (NAGARAJAIAH et al., 1994) em estacas de bambu. Entre os diferentes tipos de reguladores de crescimento, o ácido indolbutírico - AIB desempenha um papel importante para o enraizamento de *B. vulgaris* (RAZVI et al., 2011). A ação secundária do AIB em relação aos brotos das estacas pode estar relacionada à melhoria expressiva na rizogênese, principalmente quanto ao aumento do número de raízes, o que ocasiona aumento na taxa respiratória da estaca e desencadeia a mobilização das

reservas (carboidratos), assim favorecendo a emissão das brotações (OHLAND et al., 2009).

**Tabela 9.** Valores das probabilidades de brotação (P\_EB), sobrevivência (P\_ES) e enraizamento (P\_EE) em estacas da posição basal e mediana em relação a concentração de AIB em estacas de *B. oldhamii*.

Tratamento		Variável		
Posição	AIB	P_EB	P_ES	P_EE
Basal	0	0,883	0,161	0,053
Basal	250	0,893	0,171	0,057
Basal	500	0,903	0,181	0,062
Basal	1000	0,919	0,204	0,072
Basal	2000	0,945	0,255	0,098
Mediana	0	0,846	0,114	0,024
Mediana	250	0,859	0,122	0,026
Mediana	500	0,871	0,130	0,028
Mediana	1000	0,893	0,147	0,033
Mediana	2000	0,926	0,188	0,046

Não foram identificadas diferenças significativas para as variáveis de enraizamento na interação AIB x posição através da análise de covariância (Figura 1, 2 e 3), confirmando que o enraizamento em estacas de *B. oldhamii*, nas condições estudadas, é independente da concentração de AIB e da posição da estaca na planta matriz e mesmo da interação entre os fatores. Os gráficos apresentam a dispersão dos pontos das variáveis analisadas e as retas da regressão linear, demonstrando que não há interação significativa para nenhuma variável de enraizamento.

Porém é possível fazer inferências nas tendências dos gráficos, como para o aumento do número de raiz nas estacas da posição basal conforme o aumento da concentração de AIB, ocorrendo o movimento contrário em estacas da posição mediana de *B. oldhamii* (Figura 1).

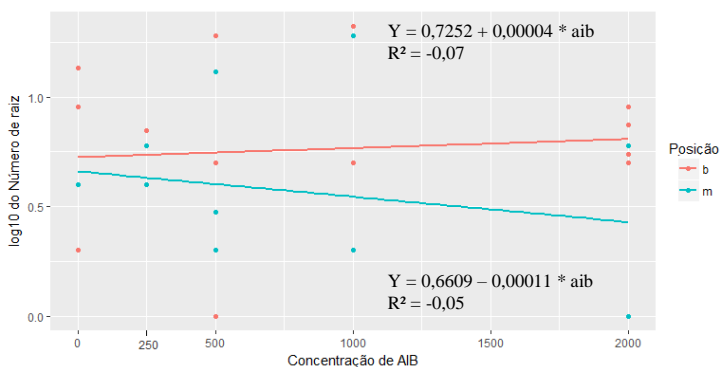
Na maioria dos casos, as porções basais do colmo respondem melhor do que as porções superiores (SURENDRAN; SEETHALAKSHMI, 1985). Os achados deste estudo para uma maior capacidade de enraizamento de estacas retiradas da posição basal estão de acordo com estudo conduzidos para *Guadua*

*angustifolia* (FONSECA, 2007), *Ulmus villosa* (BHARDWAJ; MISHRA, 2005) e *D. melanoxylon* (AMRI et al., 2010).

Há trabalhos que também relacionam o maior número de raiz com a aplicação de auxina, como para *Dalbergia sissoo* (SINGH et al., 2012), em *Bambusa naigaladiana* (DEB et al., 2016) e estacas de colmo de *Bambusa nutans* (SINGH et al., 2011).

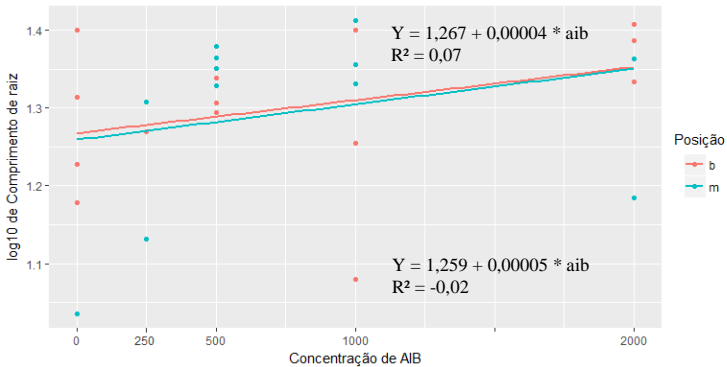
Estacas da posição basal de *U. villosa* (BHARDWAJ; MISHRA, 2005) e *Dalbergia melanoxylon* (AMRI et al., 2010) expuseram maior número de raiz na presença de auxina, quando comparadas as posições superiores.

Como na tendência apresentada em estacas da posição mediana, a relação inversa entre a concentração de regulador de crescimento e o número de raízes, em geral, é semelhante aos resultados encontrados no estudo de propagação vegetativa de *Chusquea tessellata* em que as maiores concentrações de fitohormônios (1000 ppm e 2000 ppm ANA) induziram aos valores mais baixos para a produção de raízes (INSUASTY-TORRES et al., 2011). O potencial de enraizamento está relacionado às diferenças no armazenamento de carboidratos e à atividade organogênica de diferentes posições da estaca (ZALESNY et al., 2003), estando conectado também ao resultado encontrado no Capítulo I dessa dissertação, onde as estacas da posição basal de *B. oldhamii* apresentaram maiores conteúdos de carboidratos.

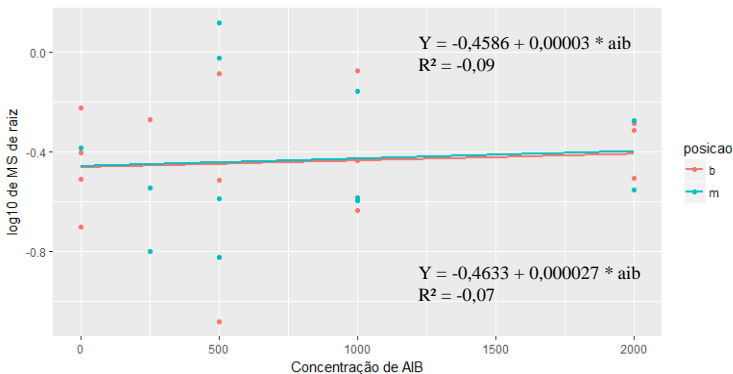


**Figura 1.** Efeito das concentrações de AIB na variável número de raiz (log10) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.

Em ambas as posições das estacas, o comprimento de raiz e a massa seca de raiz possuem o mesmo comportamento, sendo que o comprimento da raiz aumenta com o aumento de concentração de AIB (Figura 2), e a massa seca de raiz permanece praticamente inalterada diante das concentrações de AIB (Figura 3). De acordo com Lima et al. (2010), a massa seca de raiz não foi influenciada pela posição da estaca no ramo de *Jatropha curcas*.



**Figura 2.** Efeito das concentrações de AIB na variável comprimento de raiz ( $\log_{10}$ ) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.



**Figura 3.** Efeito das concentrações de AIB na variável massa seca de raiz ( $\log_{10}$ ) para as diferentes posições nas estacas de *B. oldhamii*.

De acordo com Surendran & Seethalakshmi (1985), concentrações normais de reguladores de crescimento não têm efeito no enraizamento de estacas de ramo de bambu. Também

foram reportadas respostas escassas no enraizamento em *D. asper* (KAUSHAL et al., 2011) e nas estacas de ramos de *Chusquea tessellata* (INSUASTY-TORRES et al., 2011).

A auxina frequentemente não é o fator limitante em espécies com dificuldade de enraizamento. A formação dos primórdios radiculares depende de enzimas ativas em estacas de difícil enraizamento para a síntese de conjugados auxina-fenólicos (DAVIES JR.; HARTMANN, 1988). Apesar dos carboidratos serem essenciais à formação de raízes em estacas (XAVIER et al., 2013), a presença destes não representa o ponto crítico ao enraizamento, e sim a capacidade dos tecidos para utilizá-los em processos metabólicos ou facilitar a sua importação e exportação que demonstra significância (MAGEL et al., 2005).

Foram verificadas tendências (Figura 1) e probabilidades (Tabela 9) da ocorrência de um maior enraizamento em estacas basais. A habilidade de formação de raízes adventícias em bambus varia de acordo com as espécies (SINGH et al., 2006), o uso (KAUSHAL et al., 2011) e concentração de fitoregulador (HOSSAIN et al., 2006), o tipo de estaca (DEB et al., 2016), a estação do ano (SINGH et al., 2006; GULABRAO et al., 2012), os nutrientes armazenados (GUPTA; PATTANATH, 1976), e ainda relacionado às características genotípicas de cada espécie (GULABRAO et al., 2012), entre outros.

No trabalho de Deb (2016) foi verificada a dificuldade de produzir brotos e colmos a partir das estacas de ramo de *Bambusa naithani*. No presente estudo não foi encontrado efeito considerável da concentração de AIB e da posição das estacas sobre o enraizamento, e possivelmente não se pode indicar respostas precisas, provavelmente pelo experimento não ter sido realizado numa época do ano em que geralmente as condições climáticas não são favoráveis em termos de substâncias necessárias ao potencial de enraizamento ou a mobilização das mesmas, ou ainda por falta de garantia da temperatura ótima de enraizamento.

Ainda, é possível que *B. oldhamii* e *B. tuldooides* sejam espécies com enraizamento recalcitrantes, visto que essa característica é encontrada em bambus (SINGH et al., 2011), e portanto, são plantas onde a morfogênese do enraizamento é inexistente, e/ou há falta de sensibilidade das células para responder à morfogênese, mesmo que a auxina natural possa ou não estar presente em abundância, e a aplicação externa da auxina

tem pouca ou nenhuma influência no enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

Nesse estudo foi observado que a reprodução de mudas por estaquia de ramos laterais, nas condições relatadas, foi ineficaz para *B. oldhamii* e *B. tuldoides*.

No entanto, uma vez que as respostas são baseadas em apenas uma época do ano, experimentos adicionais devem ser realizados para comprovar o resultado a fim de obter respostas mais abrangentes. Portanto são necessários estudos complementares que investiguem aspectos como: época de coleta, tipos de estaca, aplicação de co-fatores e aplicação de auxinas em concentrações mais baixas por imersão de longa duração.

#### 4- CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou a avaliação do método de propagação de estacas de ramos laterais de *Bambusa oldhamii* e *Bambusa tuldooides*, de acordo com a posição na planta matriz e o uso de AIB.

De acordo com as avaliações do desenvolvimento inicial de brotações e enraizamento adventício, indicou-se as seguintes conclusões:

- O uso de estacas da posição mediana de *B. tuldooides* são indicadas para a produção de brotos e folhas. Em *B. oldhamii*, as estacas basais apresentam maior produção de brotação.
- Apesar das estacas basais demonstrarem uma maior tendência ao enraizamento adventício, os tratamentos não exibiram efeitos consideráveis na indução de raízes em estacas de *B. oldhamii*, e nenhum efeito em estacas de *B. tuldooides*.
- O uso de AIB para *B. tuldooides* não forneceu respostas favoráveis para a propagação vegetativa por estaquia. Porém para a espécie *B. oldhamii*, foram verificadas as tendências e probabilidades de maiores estruturas aéreas e radiculares com o uso de AIB, sendo indicado o uso do regulador de crescimento para essa espécie. O método de propagação por estaquia de ramos laterais para ambas as espécies, nas condições estudadas, não é efetivo para a produção de mudas, e para tal conclusão a caracterização morfológica e bioquímica deste material permitiu a compreensão dos aspectos fisiológicos das plantas.

Sendo assim, é necessário realizar estudos com regulador de crescimento em diferentes tempos de imersão e concentrações para indicação do melhor uso, assim como estudos com estacas coletadas entre a primavera e o verão devem ser realizados para efetivar a recomendação quanto ao tipo de propágulo.





## REFÊRENCIAS

AGNIHOTRI, K.; ANSARI, S. A. Adventitious rhizogenesis in relation to seasonal variation, size of culm branch cuttings and IAA treatment in Bamboos. **Indian Forester**, v. 126, n. 9, 2000.

AIER, S.; KHARE, N. Effect on the growth of *Bambusa balcooa* and *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* due to type of nursery bed. **Journal of International Academic Research for Multidisciplinary**, v. 4, n. 7, p. 85–91, 2016.

AMRI, E.; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z. L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): Effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, n. 2, p. 183–194, 2010.

BASTOS, D. C.; SCARPARE, J. A. F.; FATINANSI, J. C.; PIO, R. Influência da idade biológica da planta matriz e do tipo de estaca caulinar de caramboleira na formação de raízes adventícias. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. Edição especial, p. 1915–1918, 2009.

BASU, R. N.; BOSE, T. K.; ROY, B. N.; MUKHOPADHYAY, A. Auxin synergists in rooting of cuttings. **Physiologia Plantarum**, v. 22, n. 4, p. 649–652, 1969.

BHARDWAJ, D. R.; MISHRA, V. K. Vegetative propagation of *Ulmus villosa*: Effects of plant growth regulators, collection time, type of donor and position of shoot on adventitious root formation in stem cuttings. **New Forests**, v. 29, n. 2, p. 105–116, 2005.

CASO, O. H. Juventud , rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. **Agriscientia**, v. IX, n. 1, p. 5–16, 1992.

CHACÓN, A. I. R.; LONGHI, M. M. Efecto de la edad y sección del culmo en la propagación asexual de *Guadua chacoensis* (Rojas Acosta) Londono y Peterson y su respuesta a la cobertura con *Pennisetum purpureum* var. *Kong Grass* (Poaceae). **Revista**

**de Biología Tropical**, v. 46, n. 3, p. 19–27, 1998.

CHHETRI, S.; KUMAR, H. Effect of planting position on rhizogenesis in Buddha Belly Bamboo (*Bambusa ventricosa*) under nursery condition. **Journal of International Academic Research for Multidisciplinary**, v. 2, n. 12, p. 2320–5083, 2015.

DAVIES JR., F. T.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, 1988.

DEB, C. R.; SANGTAM, T. L.; JAMIR, N. S. Clonal macropropagation of *Bambusa naithani* through culm segments and branch cutting. **International Journal of Conservation Science**, v. 7, n. 1, p. 147–154, 2016.

DIAS, J. P. T.; TAKATA, W. H. S.; TAKAHASHI, K.; ONO, E. O. Propagação de figueira com estacas de diferentes diâmetros. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 1, p. 52–57, 2013.

DRANSFIELD, S.; WIDJAJA, E. A. Bamboos. In: Prosea Foundation (Org.); **Plant Resource of South-East Asia**. p.185, 1995. Bogor: Backhuys Publishers.

FONSECA, F. K. P. DA. **Produção de mudas de bambu *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) por propagação vegetativa**, 2007. Universidade Federal de Alagoas.

GUERREIRO, C. I.; LIZARAZU, M. A. Flowering of *Bambusa tuldoidea* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae) in southern South America. **Darwiniana**, v. 48, n. 1, p. 25–31, 2010.

GULABRAO, Y. A.; KAUSHAL, R.; TEWARI, S. K.; TOMAR, J. M. S.; CHATURVEDI, O. P. Seasonal effect on rooting behaviour of important bamboo species by culm cuttings. **Journal of Forestry Research**, v. 23, n. 3, p. 441–445, 2012.

GUPTA, B. N.; PATTANATH, P. G. Variation in stored nutrients in culms of *D. strictus* and their effect on rooting of culm cuttings as influenced by their method of planting. **Indian Forester**, v. 102, n. 4, p. 235–241, 1976.

HAISSIG, B. E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, n. 2, p. 324–337, 1974a.

HAISSIG, B. E. Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 4, n. 2, p. 311–323, 1974b.

HANSEN, J. Influence of cutting position and stem length on rooting of leaf-bud cuttings of *Schefflera arboricola*. **Scientia Horticulturae**, v. 28, p. 177–186, 1986.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

HOSSAIN, M. A.; ISLAM, M. S.; HOSSAIN, M. M. Effect of light intensity and rooting hormone on propagation of *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. by branch cutting. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 4, n. 3, p. 231–241, 2005.

HOSSAIN, M. A.; JEWEL, M. E. U.; SEN, M.; SERAJUDDOULA, M. Rooting ability of *Bambusa vulgaris* var. *striata* branch cuttings as influenced by cutting type and rooting hormones. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 5, n. 3–4, p. 117–126, 2006.

HUSEN, A.; PAL, M. Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. **New Forests**, v. 33, n. 3, p. 309–323, 2007a.

HUSEN, A.; PAL, M. Effect of branch position and auxin treatment on clonal propagation of *Tectona grandis* Linn. f. **New Forests**, v. 34, n. 3, p. 223–233, 2007b.

INSUASTY-TORRES, J.; ROJAS-ZAMORA, O.; VARGAS-RÍOS, O.; CÁRDENAS, C. DE LOS Á. Propagation of *Chusquea tessellata* (Munro) culms at different naphthaleneacetic acid

concentrations and in different substrates. **Agronomía Colombiana**, v. 29, n. 3, p. 399–406, 2011.

KAUSHAL, R.; GULABRAO, Y. A.; TEWARI, S. K.; CHATURVEDI, S.; CHATURVEDI, O. P. Rooting behaviour and survival of bamboo species propagated through branch cuttings. **Indian Journal of Soil Conservation**, v. 39, n. 2, p. 171–175, 2011.

KELCHNER, S. A.; CLARK, L.; CORTÉS, G.; et al. Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid markers. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 67, n. 2, p. 404–413, 2013.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell. 1. Plant genotype, juvenility and characteristics of cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 102, n. 1, p. 133–143, 2004.

KIM, Y. S.; FUNADA, R.; SINGH, A. P. **Secondary Xylem Biology: Origins, Functions, and Applications**. Elsevier, 2016.

KOSHY, K. C.; GOPAKUMAR, B. An improvised vegetative propagation technique for self-incompatible bamboos. **Current Science**, v. 89, n. 9, p. 1474–1476, 2005.

LEAKEY, R. R. B. Physiology of vegetative reproduction. **Encyclopedia of Forest Sciences**, 2004. James Cook University.

LEAKEY, R. R. B.; MOHAMMED, H. R. S. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 60, n. 3, p. 431–437, 1985.

LIESE, W.; KOHL, M. **Bamboo: The Plant and its uses**. Hamburg: Springer International, 2015.

LIMA, R. L. S. DE; SEVERINO, L. S.; PEREIRA, W. E.; et al. Comprimento das estacas e parte do ramo para formação de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 83, p. 1234–1239, 2010.

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

LIU, K. C.; LIN, C. H.; LIN, T. S.; TSAO, S. J.; LO, H. F. Growth and shoot emergence of green bamboo (*Bambusa oldhamii* Munro) under different temperatures. **Acta Horticulturae**, v. 769, p. 83–90, 2008.

MAGEL, E.; KRUSE, S.; LUTJE, G.; LIESE, W. Soluble carbohydrates and acid invertases involved in the rapid growth of developing culms in *Sasa palmata* (Bean) Camus. **The Journal of the American Bamboo Society**, v. 19, n. 1, p. 23–29, 2005.

MITCHELL, R. G.; ZWOLINSKI, J.; JONES, N. B. The effects of ontogenetic maturation in *Pinus patula* - Part I: Nursery performance. **Southern African Forestry Journal**, , n. 202, p. 29–36, 2004.

NAGARAJIAH, C.; SAWAMIRAO, N.; DASAPPA, K. Propagation of bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad) using growth regulating substances. **Indian Forester**, v. 120, n. 2, 1994.

NETO, M. C. L.; RIBEIRO, J. D. S.; NETO, E. B. Enraizamento de estacas de bambu com o uso de auxinas. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient**, v. 7, n. 2, p. 175–179, 2009.

NICOLOSO, F. T.; CASSOL, L. F.; FORTUNATO, R. P. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento de Ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata*). **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 57–60, 2001a.

NICOLOSO, F. T.; LAZZARI, M.; FORTUNATO, R. P. Propagação vegetativa de *Platanus Acerifolia* Ait.: (I) efeito de tipos fisiológicos das estacas e épocas de coleta no enraizamento de estacas. **Ciência Rural**, v. 29, n. 3, p. 479–485, 1999.

NTIRUGULIRWA, B.; ASIIMWE, T.; GAPUSI, J.; MUTAGANDA, A. Influence of bud position on mother stem and soaking duration on sprouting of bamboo cuttings. **Rwanda**

**Journal**, v. 28, p. 3–10, 2012.

NUERTEY, B. N.; OPOKU, A.; DANSO, I. Rapid multiplication of bamboo - the effect of culm age and length of cuttings on sprouting.pdf. **Journal of Ghana Science Association**, v. 11, n. 1, 2009.

OHLAND, T.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; et al. Enraizamento de estacas apicais lenhosas de figueira “Roxo de Valinhos” com aplicação de AIB e cianamida hidrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 273–279, 2009.

OTHMAN, A. R.; NOOR, N. M.; QUINGYI, L.; et al. Bamboo, people and the environment. In: C. B. Sastry; E. Widjaja (Orgs.); Proceedings of the Vth International Bamboo Worskop and the IV International Bamboo Congress. **Anais...** . v. 1, p.156, 1996. Bali, Indonesia: INBAR.

PACHECO, J. P.; TEREZINHA, E. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1624–1629, 2008.

PATTANAİK, S.; DAS, P.; BORAH, E.; KAUR, H.; BORAH, K. Vegetative multiplication of *Bambusa balcooa* Roxb. using branch cuttings. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 3, n. 4, p. 365–374, 2004.

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; et al. Enraizamento de estacas de figueira coletadas em diferentes posições no ramo e ambientes de propagação distintos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 5, n. 1, p. 05–10, 2006.

RAZVI, S.; NAUTIYAL, S.; BAKSHI, M.; BHAT, J. A.; PALA, N. A. Influence of season and phytohormones on rooting behaviour of green bamboo by cutting. **International Journal of Conservation Science**, v. 2, n. 3, p. 199–206, 2011.

RODRÍGUEZ, L. M.; LONGHI, M. M. Efecto de la edad y la posición de las yemas en el culmo, en la reproducción vegetativa de *Bambusa vulgaris* y *Gigantochloa apus*. **Revista de Biología Tropical**, v. 46, n. 3, p. 28–35, 1998.

SAAD, M.; KUMAR, H.; UMRAO, R. Effect of the different growth regulators on vegetative propagation of Buddha Belly bamboo. **Advances in Life Sciences**, v. 5, n. 54, p. 2278–3849, 2016.

SAHARIA, U. K.; SEN, S. K. Optimum age of bamboo culms for nodal cuttings. **Indian Forester**, v. 116, n. 10, p. 780–784, 1990.

SAIFUDDIN, M.; OSMAN, N.; RAHMAN, M. M. Influence of different cutting positions and rooting hormones on root initiation and root-soil matrix of two tree species. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 15, n. 3, p. 427–434, 2013.

SINGH, B.; YADAV, R.; BHATT, B. P. Vegetative propagation of *Dalbergia sissoo*: Effect of growth regulators, length, position of shoot and type of cuttings on rooting potential in stem cuttings. **Forestry Studies in China**, v. 14, n. 3, p. 187–192, 2012.

SINGH, S.; NAIN, N. P. S.; MEENA, S. L.; TRIPATHI, S. P. Patterns of adventitious root induction during different seasons in some bamboo species. **Journal of Bamboo and Rattan**, v. 5, n. 1–2, p. 89–95, 2006.

SINGH, S.; YADAV, S.; PATEL, P. K.; ANSARI, S. A. Adventitious rhizogenesis in *Bambusa nutans* and *Bambusa tulda*: Influence of seasonal variation, IBA and cutting type. **Journal of Forestry Research**, v. 22, n. 4, p. 693–696, 2011.

SURENDRAN, T.; SEETHALAKSHMI, K. K. **Investigations on the possibility of vegetative propagation of bamboos and reeds by rooting stem cuttings**. Peechi, 1985.

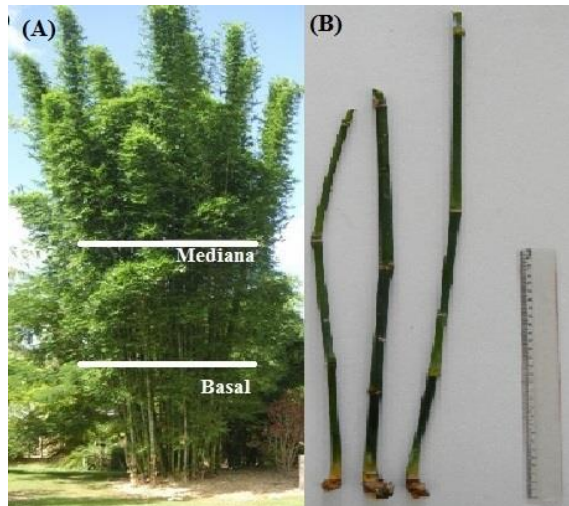
TEWARI, R. K.; RAM, A.; DEV, I.; SRIDHAR, K. B.; SINGH, R. Farmer-friendly technique for multiplication of bamboo (*Bambusa vulgaris*). **Current Science**, v. 111, n. 5, p. 886–889, 2016.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e técnicas**. 2a. ed. Viçosa, 2013.

ZALESNY, R. S.; HALL, R. B.; BAUER, E. O.; RIEMENSCHNEIDER, D. E. Shoot position affects root initiation and growth of dormant unrooted cuttings of *Populus*. **Silvae Genetica**, v. 52, n. 5-6, p. 273-279, 2003.



## ANEXOS



**Anexo 1.** Delimitação das posições basal e mediana de uma touceira de bambu (A); estacas de ramo lateral de bambu com três nós (gemas) (B)

Posição basal					Posição mediana				
0 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	2000 ppm	0 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	2000 ppm



**Anexo 2.** Representação de um bloco ao acaso com arranjo de parcela subdivida, sendo a primeira divisão em função do fator posição da estaca (basal e mediana), e a segunda divisão em função do fator concentração de AIB (0 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm e 2000 ppm) (à esquerda); experimento implantado composto por 5 blocos por espécie, totalizando 10 repetições (à direita).