



**JOSE ROBERTO JULIO**

**MOINHA DE CARVÃO COMO SUBSTRATO  
ALTERNATIVO NA PRODUÇÃO DE MUDAS  
DE AZALEIA**

**LAVRAS – MG**

**2013**

**JOSÉ ROBERTO JULIO**

**MOINHA DE CARVÃO COMO SUBSTRATO ALTERNATIVO NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE AZALEIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Luciane Vilela Resende

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Júlio, José Roberto.

Moinha de carvão como substrato alternativo na produção de mudas de azaléia / José Roberto Júlio. – Lavras : UFLA, 2013.  
68 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.  
Orientador: Luciane Vilela Resende.  
Bibliografia.

1. *Rhododendron simsii* planch. 2. Estaquia. 3. Enraizamento. 4.  
Propagação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.933620416

**JOSE ROBERTO JULIO**

**MOINHA DE CARVÃO COMO SUBSTRATO ALTERNATIVO NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE AZALEIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de janeiro de 2013.

Dr. Silvério José Coelho                      UFLA

Dr. José Darlan Ramos                      UFLA

Dr. Ângelo Albérico Alvarenga              EPAMIG

Dra. Luciane Vilela Resende  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2013**

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, que me capacitou na realização de mais esta etapa da minha vida, pela presença em todos os momentos difíceis e não me deixando abater diante das dificuldades encontradas.

À minha esposa, Luciana Resende Cardoso, que é para mim exemplo de perseverança, luta, dedicação e que me motivou e ajudou muito na realização desta etapa.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, me ajudaram, principalmente aos amigos de caminhada, Tânia, Fernando, Lilian e Cláudia, que me deram carona para Lavras, MG, sendo parceiros de estrada.

Ao amigo e proprietário da Empresa GERMINAR, Kleber e seus funcionários, que muito me ajudaram na realização deste trabalho.

Ao Centro Universitário de Formiga (UNIFOR - MG), pela colaboração na utilização dos laboratórios.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Aos professores do Departamento de Agricultura da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência.

À professora Dra Luciane Vilela Resende, pela orientação, paciência, amizade, dedicação e seus ensinamentos que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e o meu crescimento profissional.

“Você não sabe o quanto eu  
caminhei para chegar até aqui.  
Percorri milhas e milhas...  
Os mais belos montes escalei”

Toni Garrido

## RESUMO

A azaleia (*Rhododendron simsii* Planch) é uma planta ornamental muito utilizada em jardins. Sua forma de propagação mais comum é por meio da estaquia, a qual é influenciada por diversos fatores, tanto de natureza endógena quanto exógena. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de diferentes épocas do ano, substratos e concentrações do fitorregulador AIB (ácido indolbutírico) na produção de mudas de azaleia. O trabalho foi realizado na cidade de Formiga, MG, nos meses de setembro de 2011 (primavera), janeiro de 2012 (verão), abril de 2012 (outono) e junho de 2012 (inverno), em casa de vegetação. Foram utilizadas estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch) com 12 cm de comprimento da parte subapical da planta, com corte em bisel na parte basal, deixando-se um par de folhas na parte superior. Após a coleta, as estacas foram imersas ou não em solução de AIB ( $1.500 \text{ mg L}^{-1}$ ), por 15 segundos e colocadas para enraizar em bandejas de isopor de 128 células, contendo os substratos, sendo mantidas em uma câmara úmida. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um fatorial  $4 \times 3 \times 2$  (4 estações do ano, 3 substratos - moinha de carvão pura; 50% de moinha de carvão + 50% de areia e substrato comercial Bioplant, AIB: 0 e  $1500 \text{ mg L}^{-1}$ ), com três repetições e oito estacas por parcelas. Após 120 dias foram avaliados a porcentagem de enraizamento das estacas, o número de brotações e o comprimento da maior raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância, com a utilização do software SISVAR (Sistema computacional de análise estatística) e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância. De acordo com os resultados obtidos, o substrato moinha de carvão apresentou resultados satisfatórios para as variáveis estudadas, tornando possível a sua utilização como substrato alternativo para a produção de mudas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.). Não se faz necessária a utilização do fitorregulador AIB para a produção de mudas, por estaquia, da referida espécie. A melhor época para realização da estquia azaleia, de acordo com os resultados obtidos foi o verão.

Palavras-chave: Moinha de carvão. Propagação. Substrato.

## ABSTRACT

The azalea (*Rhododendron simsii* Planch) is an ornamental plant widely used in gardens. Its most common form of propagation is through cuttings, which is influenced per many factors, both endogenous nature as exogenous. The objective of this study was to evaluate the different seasons effect, substrates and concentrations of phytohormone IBA (Indolebutyric acid) in the seedlings azalea production. The study was conducted in the city of Formiga - MG, in September 2011 (spring), January 2012 (summer), April 2012 (autumn) and June 2012 (winter), in a greenhouse. Cuttings of azalea were used (*Rhododendron simsii* Planch) with 12 cm length of the part sub-apical plant, with a bevel cut on the basal part, leaving a pair of leaves at the top. After collecting the cuttings were immersed or not in solution IBA ( $1.500 \text{ mg L}^{-1}$ ) for 15 seconds and placed for rooting in polystyrene trays of 128 cells containing substrates, being kept in a humid chamber. The experimental design was completely randomized in a factorial  $4 \times 3 \times 2$  (4 seasons, 3 substrates - pure ground charcoal, 50% of ground charcoal + 50% sand substrate commercial Bioplant, IBA: 0 and  $1500 \text{ mg L}^{-1}$ ) with three replications and eight cuttings per plot. After 120 days, were evaluated the percentage of root cutting, shoots number and the length of the largest root. Data were subjected to variance analysis with a using of the SISVAR software (Statistical computing system) and averages compared by Tukey test at 5% significance level. According to the results, the substrate ground charcoal showed satisfactory results for these variables, making possible its use as an alternative substrate for the azalea seedlings production (*Rhododendron simsii* Planch.). Not necessary to use the IBA phytohormone for the seedlings production by cutting of that species. The best time to perform the azalea cuttings, according to the obtained results was the summer.

Keywords: Ground charcoal. Propagation. Substratum.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Propagação de azaleias</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Fatores que afetam a formação de raízes</b> .....	18
<b>2.2.1</b>	<b>Condições fisiológicas da planta – matriz</b> .....	19
<b>2.2.2</b>	<b>Idade da planta matriz</b> .....	20
<b>2.2.3</b>	<b>Tipo de estacas</b> .....	21
<b>2.2.4</b>	<b>Potencial genético</b> .....	23
<b>2.2.5</b>	<b>Balanco hormonal</b> .....	23
<b>2.2.6</b>	<b>Oxidação de compostos fenólicos</b> .....	24
<b>2.2.7</b>	<b>Cofatores de enraizamento</b> .....	25
<b>2.2.8</b>	<b>Temperatura</b> .....	25
<b>2.2.9</b>	<b>Umidade</b> .....	27
<b>2.2.10</b>	<b>Luz</b> .....	28
<b>2.2.11</b>	<b>Época do ano</b> .....	28
<b>2.3</b>	<b>Reguladores de crescimento</b> .....	30
<b>2.3.1</b>	<b>Auxinas</b> .....	31
<b>2.3.2</b>	<b>Giberelinas</b> .....	37
<b>2.3.3</b>	<b>Citocininas</b> .....	37
<b>2.3.4</b>	<b>Etileno</b> .....	38
<b>2.4</b>	<b>Substratos</b> .....	38
<b>2.4.1</b>	<b>Moinha de carvão</b> .....	42
<b>2.4.2</b>	<b>Areia</b> .....	44
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	57
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58
	<b>ANEXOS</b> .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

A produção e o comércio de plantas ornamentais vêm ganhando destaque, nos últimos anos, no cenário nacional, gerando emprego e renda, e contribuindo com a economia do país. O setor de floricultura e plantas ornamentais conta com cerca de 9 mil produtores e área cultivada de 12,0 mil hectares, sendo a maioria das propriedades de pequenos produtores com área média de 1,5 hectares e mão de obra familiar. São produzidas mais de 300 espécies, entre plantas ornamentais e flores, existindo 40 centrais de atacado, mais de 600 empresas atacadistas e 25.000 pontos de venda no varejo. O consumo *per capita* é de R\$ 20,00 por habitante. No ano de 2010, o faturamento no setor foi de R\$ 3,8 bilhões, no ano de 2011, aumentou para R\$ 4,3 bilhões, sendo estimado para o ano de 2012 um aumento de 12%. Desde 2006, o segmento de flores e plantas ornamentais tem registrado altas de 8% a 12% em volume e de 15% a 17% em valor (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR, 2011).

A azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) é uma planta ornamental da família da *Ericaceae*, muito cultivada no Brasil, que tem como origem a China. Tem flores variadamente coloridas, brancas, vermelhas arroxeadas, róseas simples ou dobradas, surgindo no outono ou no inverno. É cultivada em vasos, bordaduras, maciços ou em grupos mantidos podados ou não (CARVALHO, 2002). Sua forma de propagação comercial é por meio de estacas, obtendo-se os melhores resultados com a utilização de estacas semilenhosas (MANUAD, 2004).

Vários são os fatores que interferem na propagação de plantas e que podem estar relacionados a fatores internos às próprias plantas, intrínsecos e também relacionados a fatores externos a elas, extrínsecos.

Um fator importante na propagação de plantas é o substrato, que serve de suporte para as plantas, podendo regular a disponibilidade de nutrientes para

as raízes. Ele deve ser suficientemente poroso, ter boa capacidade de retenção hídrica, drenagem satisfatória, apresentar boa aeração, baixa resistência ao crescimento radicial e ser isento de patógenos (PACHECO, 2008). Além das propriedades físicas e químicas adequadas os substratos devem ser compostos por materiais de baixo custo e ser de fácil aquisição, longa durabilidade e recicláveis (ARAÚJO NETO, 2009).

O processo de formação de raízes em estacas pode ser influenciado também por reguladores de crescimento na planta. Entre os reguladores de crescimento, as auxinas constituem o grupo hormonal mais conhecido, podendo ser aplicadas externamente, contribuindo para o melhor e mais rápido enraizamento (BARBOSA; LOPES, 2007). A auxina endógena naturalmente encontrada nas plantas é o ácido indolacético, ou AIA, sintetizado nas gemas apicais e folhas novas e translocado para a base da planta por um mecanismo polar (FACHINELLO, 2005). O ácido indolbutírico (AIB) é, provavelmente, a principal auxina sintética de uso mais comum, por não ser tóxica para a maioria das plantas, mesmo em altas concentrações (LONE, 2010).

Outro aspecto importante a se considerar na propagação de plantas por estaquia é a época em que é realizada. A capacidade de enraizamento é diferenciada em muitas espécies, em função da época do ano em que as estacas são colhidas (OLIVEIRA, 2002).

A primavera e o verão são as estações que proporcionam às plantas maior capacidade de enraizar. Porém, a coleta das estacas pode ser realizada em qualquer época do ano (PIVETA, 2012).

O aproveitamento de resíduos industriais na agricultura pode contribuir de forma ecologicamente correta, sustentável e economicamente viável no manejo da produção vegetal. Na cidade de Formiga, MG, localizada na região centro-oeste do estado, e nas cidades vizinhas, existem várias indústrias de calcinação, que utilizam a lenha para o aquecimento de seus fornos para a

produção de cal e carvoarias que utilizam esta mesma lenha para a produção de carvão. A moinha de carvão é um subproduto dessas atividades, sendo acumulada nos pátios das indústrias e apresentando-se como alternativa de substrato para a produção de mudas de plantas.

Diante da importância da azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) como planta ornamental, muito utilizada em jardins, sua forma de propagação comercial por estaquia e a possibilidade de aproveitamento do resíduo moinha de carvão, como substrato alternativo, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a produção de mudas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) em diferentes épocas do ano, em diferentes substratos e em diferentes concentrações de regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Devido às dificuldades de identificação e a algumas semelhanças, os gêneros *Rhododendrons* e azaleias podem ser, muitas vezes, de difícil distinção. Isso fez com que vários estudos fossem realizados, a fim de proporcionar uma melhor separação entre eles.

No século XVIII, o botânico sueco Lineu criou um sistema de classificação das plantas com base, em outras coisas, no número de estames, criando o que ficou conhecido como sistema sexual de Lineu. Segundo este sistema, dividiram-se os *Rhododendrons* em dois gêneros, *Rhododendron* e *Azalea*. No primeiro ele colocou as espécies com 10 estames (*R. ferrugineum*, *R. hirsutum*, *R. dauricum* e *R. Maximum*) e, no segundo, ele colocou as espécies com cinco estames (*A. indica*, *A. pontica*, *A. viscosa*, *A. lutea*, *A. lapponica* e *A. procumbens*). Os botânicos transferiram as espécies do gênero *Azalea* de Lineu para o gênero *Rhododendron*, porém, este grupo distinto ainda é mantido separado por viveiristas e jardineiros.

As azaleias pertencem ao gênero *Rhododendron* família *Ericaceae*, datadas do período cretáceo, há 70 milhões de anos. A família *Ericaceae* compreende cerca de 50 gêneros e aproximadamente 1.400 espécies, com ampla distribuição, com exceção dos desertos. Geralmente, as plantas desta família são encontradas em solos ácidos e associadas com micorrizas, sendo de grande importância para a horticultura por conterem muitas plantas ornamentais, como muitas azaleias e rododendros (GALLE, 1995).

Embora as azaleias e rododendros sejam classificados como *Rhododendrons* pelos taxonomistas, o nome azaleia é comumente utilizado para espécies caducifólias nativas e muitos tipos de híbridos perenes. Geralmente, o nome *Rhododendron* é utilizado para espécies que têm folhas coreáceas, grandes e flores distintamente agrupadas em grupos terminais. Quando não se pode fazer

uma nítida divisão entre eles, é sempre correto chamá-los de *Rhododendrons*. A forma de cultivo para ambos é muito similar, mas preferem solos ácidos (entre 4,5 e 6,0) e orgânicos (RELF, 2009).

As azaleias foram incluídas no gênero *Rhododendron* por George Don em 1870, contendo os subgêneros: *Rhododendron*, *Pseudoazalea*, *Hymenanthus*, *Pentanthera*, *Tsutsutsi*, *Rhodorastrum*, *Azaleastrum* e *Pseudorhodorastrum*, divididos em sete secções: pentanthera, Rhodora, viscidula, Sciadorhodion, Tsutsutsi, Tashiroi e Brachycalyx. Todas as azaleias perenes são nativas do leste da Ásia: Japão, sul das ilhas Ryukyu, Taiwan e Filipinas; do leste da Coreia; das regiões central e sudeste da China e das regiões sul e central do Vietnam. Espécies da Secção Tsutsutsi são arranjadas em vários grupos, de acordo com suas regiões geográficas, sendo: grupo Kyushu (*R. Kaempferi*, *R. santanense* e *R. kiusianum*); grupo Ryukyu (*R. macrosepalum*, *R. ripense* e *R. scabrum*); Azaleia Chinesa (*R. simsi*); grupo Indica (*R. indicum* e *R. Tamurae*); grupo Taiwan (*R. oldhamii*, *R. rubropilosum* e *R. nakaharai*); Azaleia Koreana (*R. poukhanense*) e grupo de folhas pequenas (*R. serpyllifolium*, *R. tosaense*, *R. tschonoskii* e *R. microphyton*) (GALLE, 1995).

Segundo Paul et al. (2005), o importante gênero *Rhododendron* (*rhodo* = rosa, *dendro* = árvore) ocorre em altitudes elevadas, tendo significado econômico e ecológico. Durante 240 anos, vários botânicos estudaram a taxonomia de *Rhododendrons*, encontrando arbustos, de pequeno porte, até árvores com 30 metros de altura.

As principais características deste gênero são: plantas, na maioria, arbustos ou árvores, flores actinomorfas, bissexuais, pentâmeras, corola gamopétala, estames obtioplostemonus, pólen em tétrades, muitos ovários, pequenas sementes com endospermas e raízes frequentemente associadas a micorrizas. A variação morfológica e no tamanho das tétrades do grão de pólen pode ser observada, ajudando na sua caracterização em nível de espécies. As

características morfológicas das sementes também podem ajudar na identificação de espécies (TIWARI; CHAUHAN, 2006).

Azaleia (*Rhododendron simsii* Planch) é um arbusto de folhas semidecíduas com flores vermelhas e distribuído em regiões de clima temperado do sul e do centro da China, além de Myanmar, da Tailândia, de Taiwan e das ilhas Ryukyu do Japão. Foi introduzido na Europa no final do século XVIII. Sua utilização para fins ornamentais começou na Inglaterra e se estendeu para Bélgica e Holanda. Cultivares de *Rhododendron simsii* Planch., chamadas de azaleias-belgas, estão entre as mais importantes plantas de vaso na Europa Ocidental, na China e no Japão (HANG et al., 2011).

Desde a era Edo (1603 a 1867), no Japão, cultivares antigos de azaleia foram desenvolvidas a partir de populações naturais de uma variedade de espécies do subgênero Tsutsusi, secção Tsutsusi (Ericaceae), como *Rhododendron kaempferi* e *Rhododendron ripense*, tendo a primeira descrição sido feita em 1962 (TASAKI et al., 2011).

Durante o final do século XVIII e o início do século XIX, muitas espécies e híbridos foram introduzidas na Ásia e na Europa, especialmente na Inglaterra e na Alemanha, por meio de colecionadores de plantas. A diversidade deste gênero é também consequência da pluralidade de seus habitats. A maioria das espécies está presente na Ásia, na América do Norte e na Austrália, enquanto, na Europa, existem apenas seis espécies (*R. hirsutum* L., *R. ferrugineum* L., *R. palustre* spp. *palustre* L. e *R. myrtifolium* K.) (CASER; AKKAK; SCARIOTA, 2010).

Variedades cultivadas foram desenvolvidas pela hibridização natural e seleção entre espécies perenes, tais como *R. kaempferi*, *R. kiusianum*, *R. sataense*, *R. eriocarpum*, *R. simsii*, *R. indicum*, *R. ripense* e *R. scabrum*, por mais de 400 anos. As cores das flores das variedades cultivadas variam do vermelho ao púrpura e esta variação é considerada resultado da recombinação de

genes que controlam a biossíntese de flavonoides por meio da hibridização natural ou artificial entre as espécies perenes (URESHINO, 2007).

A seleção e o cruzamento de algumas espécies têm contribuído para o desenvolvimento de novas cultivares de azaleia. Por exemplo, as cultivares dos grupos Ookirishima e Ryukyu foram desenvolvidos a partir de *R. scabrum*, *R. macrosepalum* e *R. ripense*. Cultivares do grupo Satsuki foram criadas, principalmente, por *R. eriocarpum* e *R. indicum*. Todas estas cultivares foram transportadas do Japão e foram cruzadas com *R. simsii*, na Europa, originando a azaleia-belga, um importante arbusto ornamental (MIZUTA, 2009).

A hibridação de azaleias é um processo simples. Primeiramente, antes que a flor que servirá como mãe se abra, devem-se retirar todos os estames, com um par de pinças pequenas. Em seguida, retirar da flor, que será utilizada como pai, os estames contendo o pólen, imediatamente após a sua abertura, colocando o pólen sobre a superfície do estigma da flor feminina. Logo depois se deve identificar a flor feminina, progenitora das sementes, e o parente masculino, e, assim, os cruzamentos (GALLE, 1995).

A atividade de hibridação atingiu níveis notáveis tornando os *Rhododendrons* populares entre as plantas ornamentais. Porém, a identificação de híbridos é complicada, devido à presença de várias espécies, à existência de uma gama de distribuição geográfica e ao alto nível de hibridização interespecífica, sendo difícil fazer relações genéticas dentro do gênero. O estudo da diversidade genética de plantas cultivadas em jardins públicos e privados com fonte de genes desejáveis torna-se interessante para o desenvolvimento de novos híbridos (CASER; AKKAK; SCARIOTA, 2010).

## 2.1 Propagação de azaleias

As azaleias podem ser propagadas tanto sexuada quanto assexuadamente. A propagação sexual é feita em programas de melhoramento genético, quando se pretende obter novos híbridos. Em escala comercial, a mais utilizada é a propagação vegetativa, ou assexuada (SALVADOR; JADOSKI; RESENDE, 2005).

A propagação vegetativa ou assexuada constitui um importante meio de propagação de arbustos ornamentais, sendo utilizada em estufas comerciais e por floricultores. Para espécies que podem ser propagadas facilmente por estaquia, este método apresenta numerosas vantagens. Muitas plantas podem ser propagadas por diferentes tipos de estacas, com resultados satisfatórios. Para estacas lenhosas, frequentemente são utilizados viveiros ao ar livre, devido à simplicidade e ao baixo custo. Para estacas herbáceas ou com dificuldades de propagação é necessária a utilização de estruturas mais elaboradas, para facilitar o enraizamento (HARTMANN; KESTER; DAVIES, 2011). A formação das raízes adventícias inicia-se com a divisão celular, originando o calo, ocorrendo, sequencialmente, a diferenciação das células em primórdios radiculares e ou gemas vegetativa adventícias em estacas de caule, de folha ou de raiz (BARBOSA; LOPES, 2007).

É um processo muito utilizado, tendo em vista a facilidade de muitas espécies de produzir raízes adventícias. As estacas são retiradas, preferencialmente, após o período de florescimento da planta ou durante o período de repouso vegetativo. Os tipos de estacas variam conforme o órgão de origem (de raiz, caule ou folha), a posição na planta (apical ou intermediária) e a consistência do tecido (lenhosa, semilenhosa ou herbácea) (KAMPF, 2005).

Segundo Hartmann, Kester e Davies (2011), estacas lenhosas, de espécies decíduas, são aquelas retiradas após a abscisão foliar e depois da

emergência de novos brotos na primavera. São fáceis de preparar, não são facilmente perecíveis e requerem pouco ou nenhum equipamento especial durante o enraizamento. Estacas semilenhosas são aquelas retiradas de caule parcialmente amadurecido. São, geralmente, preparadas durante o verão, a partir de novos brotos, depois de um pico de crescimento. Muitos arbustos ornamentais, como camélia, pitosporum, rododendro e azaleias perenes, são propagadas por estacas semilenhosas. Estacas herbáceas são feitas de material suculento, requerendo condições de alta umidade para o enraizamento.

A propagação de azaleias, comumente, é feita por estaquia, sendo utilizadas brotações novas, estacas semilenhosas, uma vez que em estacas herbáceas é difícil manter a turgidez e as estacas lenhosas apresentam baixo enraizamento. A utilização de hormônios não é essencial para o enraizamento de estacas de azaleias, mas pode apressar e uniformizá-lo, assim como melhorar a percentagem de enraizamento em variedades com dificuldades de enraizar (GALLE, 1995). Esta dificuldade de enraizamento pode estar relacionada ao tipo de espécie a ser cultivada, bem como às condições do ambiente em que são conduzidas, tais como o tipo de substrato, a temperatura, a umidade, a irrigação e a luminosidade (MANUAD, 2004).

Um dos primeiros relatos da propagação por estaquia de rododendro foi em meados de ano de 1930, feito por Guy Nearing, tendo sido utilizado um tipo especial de estrutura e a partir do qual toda luz solar direta foi retirada e com a permanência das estacas durante um longo tempo, sendo um ano para as variedades mais facilmente enraizadas e até dois para variedades com mais dificuldades de enraizamento. Um dos fatores importantes foi a necessidade de se manter a umidade no interior da estrutura, a fim de garantir a turgidez das estacas. Em 1934, com a descoberta dos dois primeiros indutores de raiz, ácido indolbutírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA) tiveram início vários estudos com estes reguladores em uma ampla gama de plantas. Henry Skinhead,

na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, relatou bons resultados no enraizamento de estacas de rododendros e azaleias (WELLS; BANK, 1982).

O processo de enraizamento em estacas, em certas espécies como do gênero *Rhododendron*, pode ser beneficiado por um corte realizado na base das estacas. Tal prática, denominada injúria, é citada como procedimento na estaquia de azaleia (FERRIANI, 2006).

Este corte estimula as células dos tecidos a entrarem em divisão e a produzir primórdios de raízes. Na região cortada ocorre a produção de calos, uma massa irregular de células de parênquima em vários estágios de lignificação. O desenvolvimento de raízes ocorre nas margens do corte, frequentemente através dos calos que, para muitas espécies, é precursor para formação de raízes. Ocorre, na região cortada, um acúmulo natural de auxinas e carboidratos, seguido de um aumento da taxa de respiração, juntamente com a produção de etileno que, indiretamente, promove a formação de raízes adventícias. A formação de raízes adventícias, nesta região em que foi feita a injúria ou corte, nas estacas, pode ser dividida em quatro estádios, que são: desdiferenciação celular; formação de raízes iniciais por certas células próximas aos feixes vasculares, que retornam ao estágio meristemático; desenvolvimento das raízes iniciais primórdios radiculares e crescimento e emergência dos primórdios radiculares para fora do tecido vascular do caule.

## **2.2 Fatores que afetam a formação de raízes**

Vários fatores podem influenciar o enraizamento das estacas, tanto os de natureza endógena (intrínsecos), relacionados à própria planta, como os de natureza exógena (extrínsecos), relacionados às condições ambientais. A capacidade de enraizamento de estacas pode ser determinada também por uma complexa interação entre o ambiente e fatores endógenos (OLIVEIRA et al.,

2001). Alguns fatores, como condições fisiológicas da planta matriz, o período e a posição de coleta das estacas e a juvenilidade, podem atuar isoladamente ou em conjunto no processo de formação de raízes (FIGUEIRÊDO, 2012).

Os fatores internos podem estar relacionados às condições fisiológicas da planta matriz, à idade da planta matriz, ao tipo de estacas, ao potencial genético, ao balanço hormonal, à oxidação de compostos fenólicos e aos cofatores de enraizamento. Como fatores externos de grande importância para a propagação vegetativa, destaque para a temperatura, a luz, a época do ano e a umidade.

### **2.2.1 Condições fisiológicas da planta – matriz**

Plantas matrizes devem ser aquelas livres de moléstias, vigorosas e de identidade conhecida. Devem ser evitadas plantas prejudicadas por geadas ou secas, desfolhadas por insetos, esgotadas por excessos de frutificação, falta de umidade do solo ou nutrição inadequada e baixo vigor, apresentando conteúdo equilibrado de alguns nutrientes, como o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio. O excesso de nitrogênio pode ser prejudicial ao enraizamento, assim como o excesso de manganês. O zinco é ativador do triptofano, precursor da auxina, e deve estar presente para que se dê a formação de raízes (OLIVEIRA, 2002).

De acordo com Fachinello (2005), a condição nutricional da planta matriz afeta fortemente o enraizamento. No que se refere ao teor de carboidratos, observa-se que reservas mais abundantes correlacionam-se com maiores percentagem de enraizamento e sobrevivência das estacas, uma vez que as auxinas requerem uma fonte de carbono para biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas para a formação de raízes.

Os carboidratos influenciam o enraizamento fornecendo energia e suporte de esqueleto de carbono para a iniciação de raízes e o crescimento (ROWE et al., 2002).

O teor de carboidratos varia conforme a época do ano, sendo, em ramos de crescimento ativo (primavera/verão), mais baixo e, nos ramos maduros e mais lignificados (outono/inverno), tendem a apresentar mais carboidratos. A relação C/N também é importante; se for elevada, favorece o enraizamento, porém, com produção de uma pequena parte aérea, ao passo que estacas com baixa relação C/N são pobres em compostos necessários ao enraizamento e mostram pouca formação de raízes. Com relação C/N adequada ocorre o equilíbrio entre as raízes e a parte aérea formada, além de maior enraizamento (FACHINELLO, 2005).

### **2.2.2 Idade da planta matriz**

A idade da planta matriz também pode ser um fator determinante na formação de raízes, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Estacas retiradas de plantas em estágio juvenil, período que vai do fim da germinação da semente até a primeira indução floral, enraízam com mais facilidade, por apresentarem multiplicação celular mais ativa (OLIVEIRA, 2002).

Segundo Fachinello (2005), estacas provenientes de plantas jovens enraízam com mais facilidade e isso se manifesta em estacas de difícil enraizamento. Possivelmente, este fato pode ser relacionado ao aumento no conteúdo de inibidores e à diminuição no conteúdo de cofatores de enraizamento. É recomendável a obtenção de brotações jovens em plantas adultas que, mesmo não caracterizando uma condição de juvenildade, apresentam maior potencial de enraizamento.

### 2.2.3 Tipo de estacas

As estacas podem ser classificadas em herbáceas, quando são obtidas no período de crescimento vegetativo (primavera/verão) com os tecidos apresentando alta atividade meristemática e baixo grau de lignificação, e semilenhosas, quando obtidas no fim do verão e início do outono, sendo mais lignificadas que as estacas herbáceas e as estacas lenhosas, que são obtidas no período de dormência (inverno) quando apresentam a maior taxa de regeneração potencial e estão altamente lignificadas. O tipo mais adequado de estaca varia com a espécie ou com a cultivar. A composição química do tecido varia ao longo do ramo e, sendo assim, estacas provenientes de diferentes porções do ramo tendem a diferir quanto ao enraizamento (FACHINELLO, 2005).

Segundo Loss et al. (2009), as estacas podem ser classificadas, quanto à posição no ramo, em apicais, medianas e basais, e, quanto ao estágio de desenvolvimento, em lenhosas, herbáceas e semilenhosas ou semi-herbáceas. Estacas lenhosas são aquelas que têm tecidos fortes, endurecidos e resistentes, enquanto as herbáceas apresentam aspecto suculento, pouco consistente. As semilenhosas ou semi-herbáceas apresentam-se em estágio intermediário.

Estacas retiradas nas diferentes porções do ramo diferem na capacidade rizogênica, pois o teor endógeno de hormônio e reservas varia de acordo com a idade fisiológica e cronológica dos tecidos, ocasionando diversas respostas morfogênicas. Em estacas lenhosas, o uso da porção basal, geralmente, proporciona melhores resultados, devido ao acúmulo de substâncias de reserva e a um menor teor de nitrogênio, resultando numa relação C/N mais favorável e a presença de raízes iniciais pré-formadas nesta região. O inverso é observado em estacas semilenhosas, para as quais maiores percentuais de enraizamento são obtidos com a porção mais apical, devido a uma maior concentração de promotores de enraizamento pela proximidade dos sítios de síntese de auxinas e

a menor diferenciação dos tecidos. Estacas com gemas floríferas tendem a enraizar menos que aquelas provenientes de ramos vegetativos em fase de crescimento ativo, mostrando um antagonismo entre a floração e o enraizamento, pois as flores mobilizam reservas da estaca e abrem antes que o processo de iniciação de raízes tenha ocorrido (FACHINELLO, 2005).

Uma característica importante em algumas estacas, e que pode contribuir para o melhor enraizamento, é a presença de folhas. Para a maioria das espécies, o enraizamento é favorecido pela presença de folhas nas estacas.

Segundo Lone (2010), a presença de folhas nas estacas tem influência no enraizamento, sendo as auxinas mais importantes neste processo, uma vez que é produzida nas folhas e gemas, movendo-se naturalmente para a parte inferior da planta e acumulando-se na base do corte, junto com açúcares e outras substâncias nutritivas.

Fachinello (2005) cita que a presença de folhas favorece o enraizamento, devido à produção de cofatores de enraizamento nas mesmas. A retenção foliar pode reduzir a morte das estacas, pois é fonte natural de carboidratos e auxina. A síntese de fotoassimilados pode ser particularmente importante, pois é responsável pela manutenção das atividades metabólicas, sendo fonte de energia e carbono estrutural no enraizamento (PACHECO, 2008).

A presença de folhas e gemas é uma característica importante no enraizamento de estacas, já que estas estruturas são produtoras de auxinas e cofatores de enraizamento. Por meio da fotossíntese as folhas fornecem carboidratos utilizados como substratos da respiração e necessários ao processo de divisão e alongamento celular (OLIVEIRA, 2002).

A contribuição das folhas no processo de enraizamento é explicada pela continuação do processo de fotossíntese que leva à produção de carboidratos e à sua acumulação na base das estacas, além das auxinas (DENECA et al., 2007).

#### **2.2.4 Potencial genético**

O potencial que uma estaca apresenta para a formação de raízes é variável com a espécie e com a cultivar, podendo-se classificá-la como espécie ou cultivar de fácil, médio ou difícil enraizamento, ainda que esta facilidade de enraizamento seja resultante da interação de diversos fatores e não apenas do potencial genético (FACHINELLO, 2005). Plantas de fácil enraizamento apresentam níveis endógenos de auxina satisfatórios e, quando as estacas são colocadas para enraizar, ocorre rapidamente a formação de raízes, não sendo necessária a utilização de reguladores de crescimento. Em plantas de média facilidade de enraizamento, a auxina está presente em grande quantidade, mas limitada, sendo necessária a aplicação externa de reguladores de crescimento para aumentar o enraizamento das estacas. Já nas plantas de difícil enraizamento, embora naturalmente a auxina esteja presente, a aplicação exógena de reguladores é necessária, podendo aumentar um pouco, ou não, no enraizamento (HARTMANN; KESTER; DAVIES, 2011).

#### **2.2.5 Balanço hormonal**

O equilíbrio entre os diversos fito-hormônios tem forte influência no enraizamento de estacas, sendo necessário um balanço adequado, especialmente entre auxinas, giberelinas e citocininas. Uma das formas mais comuns de favorecer o balanço hormonal, para o enraizamento, é a aplicação exógena de fitorreguladores sintéticos, tais como AIB, ANA e AIA, que elevam o teor de auxinas no tecido (FACHINELLO, 2005).

Quando uma espécie não apresenta níveis de auxinas suficientes para promoção do enraizamento, torna-se necessária a suplementação do teor hormonal por meio da aplicação exógena de um fitorregulador, podendo ter

efeito sinérgico ou antagônico, de acordo com a quantidade utilizada. A capacidade de enraizamento depende do equilíbrio entre estas substâncias promotoras e inibidoras do enraizamento que, de modo geral, é muito variável entre as espécies (OLIVEIRA, 2002).

Além das concentrações ideais de auxinas e de cofatores, o sucesso do enraizamento depende de características anatômicas de cada espécie. A ausência da emissão de primórdios radiciais em alguns casos é devido à presença de fibras e esclereides no floema primário do caule da estaca, formando um anel contínuo na região cortical do caule, presentes na grande maioria de estacas coletadas de plantas adultas (FERRIANI, 2006).

#### **2.2.6 Oxidação de compostos fenólicos**

Em algumas espécies, o escurecimento dos tecidos na região do corte da estaca, ocasionado pela oxidação de compostos fenólicos, pode dificultar a formação de raízes. Ao entrar em contato com o oxigênio, os diferentes tipos de fenóis nos tecidos iniciam reações de oxidação, cujos produtos resultantes são tóxicos ao tecido (algumas substâncias antioxidantes podem minimizar a ação destes compostos como ácido ascórbico, polivinilpirrolidona ou PVP, ácido cítrico e dietilditiocarbamato ou Dieca) (FACHINELLO, 2005).

A síntese de compostos fenólicos, via foliar, como o ácido cafeico, o catecol e o clorogênico, pode interagir com as auxinas, induzindo à iniciação das raízes, promovendo o enraizamento adventício das estacas, tendo em vista sua participação como cofator de enraizamento, podendo também ser facilmente oxidado, promovendo a morte das estacas (PACHECO, 2008).

### **2.2.7 Cofatores de enraizamento**

Cofatores de enraizamento são substâncias de ocorrência natural que atuam sinergicamente com as auxinas, sendo necessárias ao enraizamento. Sintetizadas nas folhas jovens e gemas e em maior quantidade em estacas provenientes de plantas jovens, são transportadas pelo floema a partir dos locais de síntese. Para muitas espécies é caracterizada a importância de serem mantidas as folhas e as gemas em atividade vegetativa durante a estaquia, uma vez que esses órgãos atuam como um laboratório de produção de reguladores de crescimento e nutrientes. As folhas contribuem para a formação das raízes, devido à síntese de cofatores ou carboidratos (FACHINELLO, 2005). Sua principal ação está na proteção da auxina endógena contra a degradação pela AIA-oxidase, podendo também aumentar a síntese e a liberação de auxinas (OLIVEIRA, 2002).

### **2.2.8 Temperatura**

O potencial de enraizamento pode ser influenciado por condições climáticas, sendo a temperatura um dos elementos mais importantes. O enraizamento de estacas envolve divisões mitóticas com gasto de energia que tem origem em inúmeras reações químicas cuja velocidade e eficiência dependem da temperatura (PAULA, 2009).

Os pontos de máximo e mínimo variam de acordo com as espécies. Em geral, temperaturas entre 18 e 24 °C exercem efeito estimulante na fase inicial do enraizamento da grande maioria das plantas ornamentais (KAMPF, 2005).

O aumento da temperatura favorece a divisão celular na formação de raízes. O aquecimento do leito de enraizamento ou do substrato, com temperaturas entre 18 e 21 °C, estimula o enraizamento (FACHINELLO, 2005).

Preferencialmente, a temperatura do meio de enraizamento deve ser superior à do ar, para acelerar o processo de calejamento (divisão celular) e de diferenciação das raízes. A temperatura do meio deve ficar em torno de 27 °C, enquanto a do ar, em, aproximadamente, 23 °C. Sob temperaturas mais baixas e não controladas, o processo pode ser mais lento (BARBOSA; LOPES, 2007).

Segundo Loss et al. (2009), a interação de determinados fatores relacionados à estaca, como relação C/N, idade fisiológica e tipo de estaca, assim como fatores de natureza climática (temperatura e umidade), está relacionada à formação de raízes adventícias.

Existe uma complexa interação entre temperatura, fotoperíodo e os níveis endógenos de auxinas e outros hormônios nas plantas. Em algumas espécies, temperaturas elevadas podem promover maior enraizamento de estacas (HARTMMAN; KESTER; DAVIES, 2011).

Para algumas espécies perenes de rododendro, a exposição a baixas temperaturas faz-se necessária para superar a dormência de gemas florais e vegetativas, podendo as temperaturas de superação e duração da exposição variar com o genótipo e as condições ambientais. Em geral, plantas nativas de zonas temperadas exigem maior duração das temperaturas frias para superar a dormência do que aquelas de zonas tropicais e subtropicais. Porém, algumas plantas nativas de latitudes ou altitudes altas podem ter pouca necessidade do frio, sendo que estas áreas apresentam liberação rápida da dormência com o aquecimento na primavera. Altas temperaturas também podem promover o crescimento de brotações em rododendros, como pode ser observado em azaleia ‘Ambrosiana’, cujo crescimento aumentou linearmente com aumento da temperatura de 16, 20, 24 até 28 °C. O crescimento das brotações de

*Rhododendron ponticum* L. e *R. catawbiense* ‘Roseum Elegans’ foi quase o dobro quando as plantas foram cultivadas sob 23 °C, quando comparadas com plantas cultivadas em temperaturas inferiores a 10 °C. No entanto, para as cultivares de azaleia Kingfisher e Red Wing, cultivadas em temperaturas ente 18 e 24 °C, foram obtidos maiores comprimentos de caule e ramos do que para plantas cultivadas com temperaturas entre 24 e 29 °C (HIGH, 2011).

### **2.2.9 Umidade**

Segundo Kampf (2005), atenção especial deve ser dada à umidade, no caso de enraizamento de estacas com folhas. A recomendação é a de que a pressão de vapor da atmosfera seja semelhante à da água da folha, para que a transpiração seja reduzida. A umidade evita a desidratação da estaca e a queda das folhas, viabilizando o processo de fotossíntese.

Para que haja divisão celular, é necessário que as células se mantenham túrgidas. A perda de água é uma das principais causas de morte de estacas, portanto, a prevenção do murchamento é especialmente importante em espécies que exigem um longo tempo para formar raízes e nos casos em que são utilizadas estacas com folhas ou de consistência mais herbácea (FACHINELLO, 2005).

Quando ocorre déficit de água ocorre o fechamento dos estômatos. Assim, a difusão do CO<sub>2</sub> nas folhas fica restrita, limitando a fotossíntese e, subsequentemente, o ganho de carbono nas estacas (HARTMMAN; KESTER; DAVIES, 2011).

Segundo Barbosa e Lopes (2007), o excesso de umidade é tão prejudicial quanto a falta, devido à redução da aeração e ao favorecimento das infecções.

### **2.2.10 Luz**

A luz é um fator fundamental, que intervém em numerosos processos fisiológicos dos quais o mais importante é a fotossíntese. Os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta (DUTRA, 2010).

Em algumas espécies, o fotoperíodo pode afetar a iniciação de raízes. Longos dias ou iluminação contínua, geralmente, são mais efetivos que dias curtos, na formação de raízes em estacas. No entanto, não exerce influência em algumas espécies (HARTMMAN; KESTER; DAVIES, 2011).

O fotoperíodo pode afetar os aspectos de crescimento vegetativo. Em cultivares de azaleias perenes Kingfisher e Red Wing, o comprimento da parte aérea foi maior quando da exposição à luz contínua, com duração de 8, 9, 12 ou 14 horas de fotoperíodo e o número de brotações foi maior em fotoperíodo de 8 horas. Dias longos podem promover o crescimento de brotações em cultivares de azaleias (HIGH, 2011).

### **2.2.11 Época do ano**

Com relação à melhor época para a coleta, as estacas podem ser coletadas em qualquer época, depois de iniciado o crescimento, mas, normalmente, enraízam melhor se retiradas no fim do verão. É importante manter as estacas fixadas sob ambiente bem úmido, com nebulização de uma a duas vezes por dia, evitando o excesso de umidade (CARVALHO, 2002).

A capacidade de enraizamento é diferenciada em muitas espécies em função da época do ano em que as estacas são colhidas (OLIVEIRA, 2002). O gênero *Rhododendron* é influenciado por variações sazonais e condições ambientais, em sua capacidade de enraizamento (TIWARI; CHAUHAN, 2006).

A estação do ano pode representar o fator decisivo para o sucesso do enraizamento, ressaltando-se que temperaturas mais elevadas coincidem com o aumento das brotações, o florescimento e maiores taxas de crescimento (ALCÂNTARA et al., 2008).

A época de coleta das estacas influencia o enraizamento das espécies, sendo a primavera e o verão as estações que proporcionam maior capacidade às plantas de enraizarem. Porém, a coleta pode ser realizada em qualquer época do ano, dependendo da disponibilidade das mesmas (PIVETA, 2012).

Segundo Fachinelo (2005), a época do ano está estreitamente relacionada com a consistência da estaca, sendo que aquelas coletadas em período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) apresentam-se mais herbáceas e, de modo geral, espécies de difícil enraizamento mostram maior capacidade de enraizamento. As estacas coletadas no inverno têm maior grau de lignificação e tendem a enraizar menos.

No inverno, dias curtos e baixas temperaturas alteram os processos fisiológicos das árvores matrizes, o que pode dificultar o processo de enraizamento das estacas obtidas. A porcentagem de enraizamento diminui com a proximidade do inverno, quando os níveis de ácido abscísico são normalmente altos. Essa queda na capacidade de enraizamento pode ser devido a variações no conteúdo de cofatores ou à formação e acúmulos de inibidores de enraizamento (NEVES, 2006).

De acordo com Paula (2009), em estacas herbáceas retiradas no verão, os ramos estão em pleno crescimento e apresentam maiores doses de auxinas em relação àquelas que são retiradas no outono e no inverno. Estacas herbáceas ou semilenhosas devem, preferencialmente, ser coletadas após a completa expansão foliar e certo grau de lignificação (HARTMANN; KESTER; DAVIES, 2011).

De acordo com Oliveira et al. (2001), a melhor época para coleta das estacas é o período vegetativo, ou seja, de julho a agosto, pois, no período em

que as plantas estão em floração ou frutificação, há o desvio de metabólitos para a formação de flores e frutos e os assimilados necessários para o enraizamento encontram-se em concentrações mais reduzidas.

Segundo Fachinello (2005), em relação à época mais adequada para a obtenção das estacas, há diferenças entre as espécies, sendo que algumas enraízam melhor no início da primavera e outras desde a primavera até o fim do outono.

De maneira geral, o efeito da época do ano é, basicamente, o reflexo da resposta das estacas às condições ambientais. Quando estacas lenhosas são colocadas para enraizar no início da primavera, há uma tendência de que brotem com rapidez, devido aos dias quentes. As novas folhas em desenvolvimento começam a transpirar e a retirar a água das estacas antes que estas possam emitir raízes, por isso morrem rapidamente. No entanto, quando coletadas no outono, as gemas estão em período de repouso, podendo formar raízes e se estabelecerem para época de brotação das gemas, na primavera (OLIVEIRA, 2002).

Estacas de azaleia *Rhododendron simsii* Planch. foram colocadas para enraizar, no outono, em diferentes substratos (vermiculita de granulização média, casca de arroz carbonizada e fibra de coco) com aplicação de AIB (0 e 1.000 mg L<sup>-1</sup>). Observou-se que, independente da concentração do hormônio, houve 100% de sobrevivência das estacas. A porcentagem de estacas enraizadas foi, em média, de 96% e 99%, sem e com o regulador AIB, respectivamente. Pode-se concluir que a propagação por estaquia da azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) pode ser realizada no outono e que a concentração do hormônio não exerceu influência no processo de enraizamento (LONE, 2010).

### **2.3 Reguladores de crescimento**

Segundo Pasqual (2000), fito-hormônios são substâncias orgânicas que ocorrem naturalmente nas diferentes partes das plantas, em proporções baixíssimas. Eles são translocados dos locais de síntese para o local de ação e influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Análogos aos fito-hormônios existem os fitorreguladores, ou reguladores de crescimento, que são substâncias sintéticas, produzidas em laboratório e não pelas plantas, mas que, quando aplicadas, produzem efeitos semelhantes aos hormônios vegetais (SALVADOR; JADOSKI; RESENDE, 2005). Os fito-hormônios são substâncias endógenas que promovem, inibem ou modificam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (BARBOSA, 2007).

Os reguladores de crescimento são classificados em auxinas, giberelinas e citocininas. As auxinas promovem a expansão celular e são utilizadas, principalmente, no enraizamento de estacas. As principais são o ácido indolacético (AIA), auxina natural e as auxinas sintéticas, ácido indol-butírico (AIB), ácido naftalenoacético (ANA) e o ácido 2,4-diclofenoxiacético (2-4D). As auxinas sintéticas são bastante eficientes, pois não são metabolizadas pela planta tão rapidamente quanto o AIA (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em virtude das relações e das concentrações hormonais favoráveis ou não ao processo de diferenciação, as espécies são classificadas como de fácil enraizamento, difícil enraizamento e que não enraízam, como é o caso da jabuticaba (BARBOSA, 2007).

Os objetivos de se tratar estacas com substâncias reguladoras de crescimento são aumentar a percentagem de estacas enraizadas, acelerar a iniciação de raízes, aumentar o número e a qualidade das raízes produzidas pelas estacas e aumentar a uniformidade do enraizamento (FACHINELLO, 2005).

### **2.3.1 Auxinas**

A auxina foi o primeiro hormônio descoberto em plantas, estando relacionada ao ácido indol-3-acético ou AIA. Várias outras auxinas foram descobertas nos vegetais superiores, sendo o AIA a mais abundante e de maior relevância fisiológica. É um hormônio de grande importância na propagação vegetativa e pode ser aplicado externamente, contribuindo para o melhor e mais rápido enraizamento. O seu estímulo na formação de raízes adventícias tem sido muito útil para a propagação de plantas por estaquia (BARBOSA, 2007).

As auxinas vêm sendo utilizadas na agricultura e na horticultura há mais de 50 anos. Os primeiros relatos de sua utilização incluíam a prevenção da abscisão de frutos e folhas, a promoção de florescimento em abacaxi, a indução de partenocarpia, o raleio de frutos e o enraizamento de estacas para a propagação vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2004). Desempenham papel importante, sendo o efeito principal sobre o enraizamento de estacas ligado à sua ação sobre a indução de primórdios radiculares. Sua aplicação exógena proporciona maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade do enraizamento das estacas. São essenciais no processo de enraizamento, possivelmente porque estimulam a síntese do etileno que, por sua vez, favorece a emissão de raízes.

Os níveis de AIA nas plantas são variáveis conforme a velocidade das reações de síntese, de destruição e de inativação que, por sua vez, é afetada por alguns fatores, como idade fisiológica da planta e do órgão, condições ambientais e partes da planta. É sintetizado nas gemas apicais e folhas novas, translocado para a base da planta por um mecanismo polar. No momento em que a auxina é aplicada, há um aumento da sua concentração na base da estaca e, caso os demais requerimentos fisiológicos sejam satisfeitos, há a formação do calo, resultante da ativação das células do câmbio, e das raízes adventícias. Os ápices radiculares também produzem auxinas, porém, não a acumulam, devido ao elevado teor de substâncias inativadoras nesta parte da planta (FACHINELLO, 2005).

As auxinas não são as únicas substâncias necessárias para a indução de raízes em estacas, sendo importante um equilíbrio com outras substâncias denominadas cofatores de enraizamento, que podem favorecer ou prejudicar o enraizamento (HARTMAM; KESTER; DAVIES, 2011).

Dos inúmeros efeitos fisiológicos das auxinas nas plantas, a iniciação de raízes é um dos mais comuns, estimulando a desdiferenciação celular (MANUAD, 2004).

Embora quase todos os tecidos vegetais sejam capazes de produzir baixos níveis de AIA, os meristemas apicais, as folhas jovens, os frutos e as sementes em desenvolvimento são os principais locais de síntese deste hormônio (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A auxina produzida pelas folhas reduz o tempo necessário ao enraizamento e, conseqüentemente, a morte das estacas por déficit hídrico (PACHECO, 2008).

O ácido indolbutírico (AIB) e o ácido indolacético (AIA) são as principais auxinas utilizadas no enraizamento de estacas, sendo que AIB apresenta algumas vantagens, quando comparado a ANA. Dentre elas está a não toxicidade para uma maior amplitude de concentrações testadas para a maioria das espécies vegetais (HARTMAM; KESTER; DAVIES, 2011).

O AIB é mais estável e menos solúvel que a auxina endógena AIA, sendo considerado um dos melhores estimuladores de crescimento de enraizamento (LOSS et al., 2009).

É necessário que haja um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas e citocininas e cofatores de enraizamento, para que ocorra a formação de raízes (NEVES et al., 2006). Concentrações excessivas de auxinas podem inibir o desenvolvimento das raízes e brotações, causar o amarelecimento e queda das folhas, necrose ou até ocasionar a morte das estacas (ALCÂNTARA et al., 2010).

O aumento na concentração de auxina exógena aplicada em estacas provoca efeito estimulador de raízes até um valor máximo, a partir do qual qualquer acréscimo tem efeito inibitório (FACHINELLO, 2005).

A concentração ótima para aplicação de um fitorregulador, que irá estimular o crescimento e diferenciação dos tecidos, causando o aumento na porcentagem de enraizamento, irá depender do nível endógeno do hormônio, combinado com outros promotores do enraizamento (ALCÂNTARA et al., 2010).

Cada espécie tem seu valor máximo de aplicação exógena de regulador vegetal e esse comportamento pode estar relacionado com o fato de as estacas possuírem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento. O fornecimento exógeno de auxina, em certas quantidades, pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento (PAULA, 2009).

Carvalho (2002) realizou experimento com estacas de azaleia (*Rhododendron simsii*) retiradas do ramo do ano com 10 cm de comprimento, contendo duas folhas de área reduzida à metade na porção apical. As bases das estacas foram imergidas em solução contendo o fitorregulador ácido naftaleno acético (NAA) em diferentes concentrações, 0, 2.500 e 5.000 mg/L, por 15 segundos e mantidas sob câmara de nebulização em tubetes contendo vermiculita como substrato, por um período de 63 dias. O autor constatou que o uso de NAA promoveu melhor formação de raízes em estacas de azaleia, porém, não foi significativo. Concluiu que, além dos fatores hormonais, outros também são importantes para a formação de raízes, pois, mesmo sem o fitorregulador, é possível obter o enraizamento da azaleia.

Ferriani (2006), com a finalidade de avaliar o enraizamento de *Rhododendron thomsonii* com estacas colhidas na primavera, setembro de 2004, coletou estacas semilenhosas de 12 cm, cortadas em bisel na parte inferior e em

corte reto na parte superior, com duas folhas reduzidas à metade. O tratamento fitossanitário foi realizado utilizando-se imersão das estacas em hipoclorito de sódio 0,5% (10 minutos), seguida de lavagem em água corrente (5 minutos). Posteriormente, as bases das estacas foram imersas em soluções alcoólicas (50%) com diferentes concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000 e 4.000 mgL<sup>-1</sup>) e em talco (0, 1.000, 2.000 e 4.000 mg/kg). As estacas foram plantadas em tubetes com vermiculita e mantidas em casa de vegetação por 70 dias. Observou-se que não houve enraizamento das estacas colhidas nesta época do ano. Segundo o mesmo autor, para que ocorra o enraizamento, além das concentrações de auxinas e de cofatores, o sucesso do enraizamento depende de características anatômicas de cada espécie. A ausência da emissão de primórdios radiciais em alguns casos se deve à presença de fibras de esclerides no floema primário do caule da estaca, formando um anel contínuo na região cortical do caule, característica presente na maioria das estacas de plantas adultas. Para que ocorra o enraizamento de *Rhododendron thomsonii* Hook. f., é sugerido o rejuvenescimento da planta por meio de poda drástica.

Estacas semilenhosas de *Rhododendron ponticum*, espécie que tem bases fisiológicas e anatômicas em conformidade com a maioria das cultivares de rododendros, com 12 cm de comprimento, tratadas com estimulador de enraizamento Ukorzeniacz AB, contendo AIB 0,05% e NAA 0,3%, benomil 01% e carbono ativado 5%, foram colocadas para enraizar em substratos turfa, casca de pinus e perlita, para posteriores análises de cortes histológicos, a fim de avaliar a influência da auxina na estrutura anatômica e nas raízes adventícias. As estacas foram removidas dos substratos após 2, 3, 4, 5 e 6 semanas após o início do enraizamento. Após as análises dos cortes histológicos na base das estacas, pode-se observar que a auxina não promoveu alterações na estrutura anatômica das estacas durante o enraizamento, tendo a formação de novo xilema sido similar nas estacas controle e nas estacas tratadas com estimulador Ukorzeniacz

AB. Constatou-se ainda que a formação de raízes adventícias ocorreu somente na presença do estimulador de enraizamento Ukorzeniacz AB, quando numerosos primórdios radiculares puderam ser observados após três semanas de enraizamento, não sendo observados no controle, mesmo após seis semanas (STRZELECKA, 2007).

Estacas das espécies *R. catawbiense* Michx. ‘Grandiflorum’, *R. Cunningham’s White*, *R. brachycarpum* D. Don ex G. Don, *R. pachytrichum* Franch, *R. yakushmanum* Nakai e de azaleias *R. atlanticum*, *R. calendulaceum* e *R. viscosum*, com 12 cm de comprimento, tratadas com AIB (0%, 5%, 12% e 4%) na formulação pó, foram colocadas para enraizar nos substratos turfa, compostagem de casca de pinheiro e serragem. Pode ser observado que o tamanho do sistema radicular e a porcentagem de enraizamento foram influenciados pelo regulador de crescimento, sendo a maior porcentagem (100%) de enraizamento, para os *Rhododendrons*, encontrada para a espécie *R. Cunningham’s White*, com 4% de AIB. *R. catawbiense* Michx. ‘Grandiflorum’ obteve 91,6% de enraizamento com AIB 1%. Para *R. brachycarpum*, a porcentagem de enraizamento foi de 54,1%, com AIB 2%. *R. yakushmanum* obteve 41,7% de enraizamento com AIB 4% e a menor porcentagem de enraizamento foi observada para *R. pachytrichum*, com 33%. Entre as azaleias, os melhores resultados foram observados para *R. atlanticum* (83%), com AIB 1%; *R. viscosum* (79,2%), com AIB 0,5% e *R. calendulaceum* (54,1%), com AIB 1% (GRZEŚKOWIA, 2004).

Estacas de raízes de Xerume azalea “Chikushibeni” (grupo *Rhododendron* Kurume), tratadas com NAA 25 mg<sup>-1</sup>, durante 4 horas, foram colocadas para enraizar no substrato vermiculita e incubadas, por 30 dias, no escuro, a 22 °C. Foi observado, após dois meses de incubação, que, nos meses de abril e fevereiro, houve 100% de enraizamento das estacas; em junho e agosto

não houve enraizamento; em outubro, 44% de enraizamento das estacas foram observados e 88% em dezembro (YAMASHITA; OKAMOTO, 2012).

### **2.3.2 Giberelinas**

Dentre as giberelinas encontradas na natureza o GA3 (ácido giberélico) é o mais importante. Sua principal ação é o estímulo ao crescimento do caule. Em concentrações a partir de  $10^{-3}$  molar, as giberelinas inibem o enraizamento, possivelmente devido à interferência na regulação da síntese de ácidos nucleicos. Por sua vez, inibidores da síntese de giberelinas, como ácido succínico 2,2-dimetil-hidrazida (SADH) e placobutrazol, podem apresentar efeito benéfico ao enraizamento (FACHINELLO, 2005).

### **2.3.3 Citocininas**

As citocininas têm efeito estimulador da divisão celular, na presença de auxinas. Ocorre um estímulo à formação de calos e à iniciação de gemas. Espécies com elevados teores de citocininas, em geral são mais difíceis de enraizar do que aquelas com conteúdos menores, sugerindo que a aplicação citocininas inibe a formação de raízes em estacas. Uma relação auxina/citocinina baixa estimula a formação de gemas ou primórdios foliares, enquanto uma relação elevada estimula a formação de raízes (FACHINELLO, 2005).

Evidências mostram interações antagônicas entre citocininas e auxinas nos seus efeitos sobre as brotações laterais. A aplicação de 6- benzil amino purina (6-BA) em brotações de azaleia correlacionou-se com o decréscimo de auxina nos segmentos de caules de azaleias perenes (HIGH, 2011).

### **2.3.4 Etileno**

Em baixas concentrações (aproximadamente 10 mg/L), o etileno estimula a formação e o desenvolvimento de raízes, possivelmente quando da aplicação da auxina, sendo seu efeito mais dependente de interações complexas do que da simples concentração deste regulador (FACHINELLO, 2005).

É um hormônio com atividade reguladora de diversos processos nas plantas e pode ser produzido em quase todas as partes dos vegetais superiores. A aplicação de auxinas leva à produção de etileno, sendo este capaz de induzir a formação de raízes adventícias em folhas, caules e pedúnculo floral (BARBOSA, 2007).

### **2.4 Substratos**

O substrato é o meio no qual se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo e que pode interferir no processo de enraizamento das estacas, exercendo influência na qualidade das raízes formadas e no percentual de enraizamento (LONE, 2010). É qualquer material em que as sementes são plantadas, mudas são inseridas ou plantas se desenvolvem. Alguns são orgânicos e outros, como vermiculita e perlitas, são inorgânicos. O substrato deve ter boa habilidade de troca, isto é, ser capaz de absorver e liberar para as plantas as quantidades de umidade e de fertilizantes necessárias para que elas cresçam (HILL, 1996).

É formado de três fases. A fase sólida é aquela que garante a manutenção mecânica do sistema radicular e sua estabilidade; a fase líquida é a que garante o suprimento de água e nutrientes, e a fase gasosa garante o transporte de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera.

O substrato destina-se a sustentar as estacas durante o enraizamento, mantendo sua base num ambiente úmido, escuro e suficientemente aerado. Seu efeito, tanto no percentual de enraizamento quanto sobre a qualidade das raízes formadas, está relacionado com a porosidade, que afeta o teor de água retida e seu equilíbrio com a aeração (FACHINELLO, 2005).

Segundo Kampf (2005), o substrato serve de suporte para as plantas, podendo regular a disponibilidade de nutrientes para as raízes. Pode ser formado de solo mineral ou orgânico, de um só ou de diversos materiais.

O sucesso da propagação por estaquia está, em parte, relacionado à escolha do substrato que, conforme definição, devem ser utilizados aqueles suficientemente porosos, com boa capacidade de retenção hídrica e drenagem satisfatória, apresentando boa aeração, baixa resistência ao crescimento radicial e ser isento de patógenos (PACHECO, 2008). Além disso, deve apresentar uma estrutura que não dificulte a sua retirada do recipiente, por ocasião do plantio das mudas e que não destorre, propiciando boas condições para o adequado desenvolvimento das plantas (GRAVE et al., 2007).

Deve apresentar boa uniformidade em sua composição, baixa densidade, boa capacidade de absorver e reter água e fornecer nutrientes para as plantas, boa porosidade, isenção de substâncias tóxicas, pragas, organismos patogênicos e sementes de plantas indesejáveis, abundância e viabilidade econômica (WENDLING; PAIVA, 2002).

Um substrato ideal seria um material que tivesse distribuição harmoniosa entre as fases sólida, líquida e gasosa, com pH adaptado à cultura e poder tampão razoável e constante. Teoricamente, estas qualidades deveriam ser inalteráveis durante o tempo.

Compostos utilizados como substratos devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas, como tamanho das partículas, porosidade, pH, capacidade de retenção de água e condutividade elétrica características estas

que são ainda mais importantes que a concentração de nutrientes, porque estes últimos podem ser adicionados pela adubação (GARCIA-GOMEZ; BERNAL; ROIG, 2002).

De acordo com Wendling e Paiva (2002), estudos resultaram em uma escala de valores para a interpretação das principais características e ou propriedades físicas e químicas de substratos para a produção de mudas florestais. De forma geral, essas recomendações também podem ser adotadas para a produção de mudas de plantas ornamentais, uma vez que não existem recomendações específicas para estas plantas (ANEXOS, Tabela 1A).

Além das propriedades físicas e químicas adequadas, os substratos devem ser compostos por materiais de baixo custo, de fácil aquisição, de longa durabilidade e recicláveis (FACHINELO, 2005).

Para a produção de mudas, normalmente, os substratos são preparados pelos próprios produtores, que utilizam diversos materiais puros ou em misturas, levando em consideração, principalmente, a disponibilidade regional (SILVA, 2010).

Segundo Oliveira (2002), é necessário testar substratos alternativos à vermiculita para a produção de mudas, uma vez que esta tem custo elevado.

Para preparar um substrato, é preciso conhecer a qualidade dos materiais que serão empregados na sua composição, a partir do exame de suas propriedades físicas e químicas (SOUZA; CARNIEL; FOCESATO, 2006). Geralmente, são compostos por diferentes misturas de materiais, pois dificilmente um material puro conseguirá apresentar todas as características adequadas para compor um bom substrato (LIMA, 2006).

As características físicas dos substratos incluem densidade e porosidade, sendo densidade a massa do material seco por unidade de volume, sendo expressa em gramas por centímetro cúbico. Aumentos na densidade reduzem a porosidade e mudam a relação ar/água do substrato. Quando a

densidade aumenta, diminui a porosidade. Alta densidade e baixa porosidade restringem o crescimento das raízes. Apesar da heterogeneidade de informações, busca-se uma baixa densidade para os substratos com valores em torno de 0,5, para o substrato seco e de 1,0 g.cm<sup>3</sup>, para o substrato úmido. A porosidade é o volume total do substrato não ocupado por minerais ou partículas orgânicas. A presença de poros proporciona aeração adequada e capaz de guardar e fornecer água para as plantas. Caso não seja ideal, muitos dos poros estarão cheios de água, diminuindo o espaço de aeração e prejudicando o desenvolvimento da planta, sendo a porosidade ideal em torno de 75% a 85%. É praticamente impossível encontrar um substrato com todas as características citadas, sendo necessário misturar vários tipos de materiais para se obter um substrato próximo do ideal (ARAÚJO NETO, 2009).

Vários são os materiais que podem ser utilizados na composição do substrato para a produção de mudas de espécies florestais, como casca de arroz carbonizada, serragem, turfa, vermiculita, composto orgânico, esterco bovino, moinha de carvão, material de subsolo, bagaço de cana, acícula de pinus, areia lavada e diversas misturas desses materiais (DUTRA, 2010).

A mistura com materiais orgânicos beneficia as condições físicas dos substratos e fornece nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das raízes e da planta como um todo (PASQUAL, 2000).

Manuad (2004), avaliando o efeito diferentes substratos (húmus, casca de arroz carbonizada e areia grossa lavada) e diferentes concentrações de ANA (0%, 2,5%, 5% e 7,5%) no enraizamento de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) constataram que o melhor substrato foi a casca de arroz carbonizada, devido à sua menor densidade (0,61 kg dm<sup>3</sup>), apresentando maior porcentagem de macroporos (51,8%), arejamento de 34,2%, com menor retenção de água (17,6%), o que favorece o seu escoamento e o desenvolvimento radicular. O substrato húmus apresentou maior porcentagem de estacas mortas, devido a uma

maior retenção de água (42,2%), ao menor arejamento (17,3%) e, conseqüentemente, à menor disponibilidade de oxigênio, o que desfavorece o crescimento radicular.

Em geral, os maiores ganhos na produção de mudas e/ou enraizamento de estacas têm sido obtidos com a utilização de substratos constituídos por restos vegetais ou compostos orgânicos, tais como casca de pinus associada à vermiculita, bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro, vermicomposto e casca de coco, entre outros. Estes compostos apresentam, como características comuns, baixos níveis de metais pesados e elevada porosidade, o que possibilita o escoamento rápido da água de irrigação ou de nebulização, impedindo que as raízes e/ou radicelas sejam submetidas à baixa oxigenação (ARRUDA, 2007).

#### **2.4.1 Moinha de carvão**

O crescente desenvolvimento de uma consciência ambiental e a busca por alternativas econômica e tecnicamente viáveis vêm tornando o reaproveitamento de resíduos e o uso de compostos orgânicos alvos de pesquisas para a incorporação desses insumos na composição dos substratos (DUTRA, 2010). Dentre as várias alternativas de utilização de diferentes fontes de matéria orgânica com esta finalidade destaca-se a utilização do húmus de minhoca e da moinha de carvão (AZEVEDO FILHO et al., 2001).

No Brasil, a produção de carvão vegetal é uma prática bastante antiga, porém, a grande maioria se destina à obtenção apenas do carvão comercial, sem se preocupar em aproveitar os demais componentes. O Brasil é responsável por 38,5% da produção mundial de carvão vegetal, originada de florestas cultivadas no ano de 2007, com um valor estimado de 1,9 bilhão de reais. Este carvão tem como principal destino a indústria siderúrgica, para a produção de ferro gusa e aço (BENITES, 2012).

Do ponto de vista da análise química imediata, o carvão vegetal se compõe de três frações distintas que são: carbono fixo, que corresponde à quantidade de carbono presente no carvão matérias voláteis; substâncias desprendidas da madeira, como gases, durante a carbonização e/ou queima do carvão e cinzas e resíduo mineral, proveniente dos componentes minerais do lenho e da casca da madeira.

O processo convencional de produção de carvão vegetal é uma atividade que apresenta grande potencial de provocar impacto no ambiente, gerando poluentes classificados nas categorias pós e partículas em suspensão, constituídos de fuligem, pó de carvão e cinzas; gases não condensáveis, principalmente CO, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> e traços de CH<sub>4</sub> e compostos orgânicos condensáveis, que são mais de quatrocentos, dissolvidos no ácido pirolenhoso (PIMENTA, 2004).

Por ser muito friável, o carvão vegetal produz muitos finos, devido à sua quebra durante a produção, transporte e manuseio, chegando a 20% do total produzidos. Esses finos são chamados moinha de carvão (MELO et al., 2005).

Segundo Wendling e Paiva (2002), a moinha de carvão é um subproduto do processo de fabricação do carvão vegetal (carvoejamento), encontrado em grande quantidade e custo reduzido, principalmente em empresas que utilizam carvão vegetal como matéria-prima para a siderurgia. É um material que pode ser utilizado para a produção de mudas com finalidade de aumentar a porosidade de substratos, proporcionando plantas com bom crescimento, sistema radicular bem formado e com boa agregação ao substrato. Pode ser utilizado em propagação por estaquia de forma quase pura na fase inicial de enraizamento das estacas, com bom resultado. É obtido no processo de peneiramento na classificação do carvão vegetal tem uma estrutura altamente porosa que se misturado ao solo ou substrato pode aumentar a porosidade, a capacidade de retenção de água e facilitar a proliferação de microrganismos benéficos

(ZANETTI et al., 2003). Outra forma de obtenção da moínha de carvão é pelo processo de calcinação, em que a madeira é utilizada para aquecimento dos fornos para obtenção da cal.

Materiais orgânicos têm sido utilizados para a formulação de substratos na produção de mudas, havendo necessidade de se determinar os mais adequados para o desenvolvimento de cada espécie, visando o fornecimento adequado de nutrientes e propriedades físicas propícias. O substrato ideal para o produtor deve ser de baixo custo e também precisa ser abundante, razão pela qual, geralmente, se utilizam resíduos industriais. Esta prática agrícola de caráter sustentável busca minimizar o impacto ambiental que seria provocado pela disposição destes resíduos de forma inadequada na natureza, provocando a poluição do meio ambiente (NEVES; SILVA; DUARTE, 2010).

#### **2.4.2 Areia**

A areia é considerada como fração da fase sólida e inorgânica do solo com diâmetro compreendido entre 0,05 e 2 mm. Pode ser dividida nas seguintes classes: areia fina, 0,05-0,25 mm e areia grossa, 0,25-2 mm. Sua densidade varia entre 1.350 e 1.800 kg m<sup>-3</sup> e sua porosidade, em geral, é inferior a 50%. As principais vantagens de sua utilização como substratos são o baixo custo, a estabilidade física e a inatividade química, além da facilidade de limpeza e de tratamento para desinfecção. Os inconvenientes são a alta densidade, que dificulta o manejo, e a baixa retenção de água e de nutrientes (SODRÉ; CORÁ; SOUZA JÚNIOR, 2007).

A areia é um dos substratos preferidos para a produção de mudas, sendo utilizada também para proporcionar drenagem e aeração em misturas (HILL, 1996). É um material inerte, sem nutrientes, de fácil obtenção, excelente drenagem e útil em misturas como condicionador físico (PASQUAL, 2000).

A utilização da areia como substrato é vantajosa, pois é de baixo custo, fácil disponibilidade e apresenta características positivas quanto à drenagem, sendo adequada para estacas herbáceas e semilenhosas (LUZ; PAIVA; LANDGRAF, 2007).

A utilização da areia como substrato é pratica rotineira entre viveiristas de mudas frutíferas e de flores, por sua grande disponibilidade e baixo custo. Porém, este material pode proporcionar condições indesejáveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, quando utilizados como substrato único. Apresenta rápida drenagem da água, podendo acarretar ressecamento da parte superior do substrato (DUTRA, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em telado com cobertura plástica da empresa GERMINAR, localizada no município de Formiga, MG, nos meses de setembro de 2011 (primavera), janeiro de 2012 (verão), abril de 2012 (outono) e junho de 2012 (inverno). Foram utilizadas estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) retiradas de plantas com, aproximadamente, oito anos de idade, 12 cm de comprimento, da parte subapical da planta, fazendo-se um corte em bisel na parte basal e deixando-se um par de folhas na parte superior (ANEXOS, Figura 1A). Após a coleta, as estacas foram imersas ou não em solução contendo AIB ( $1.500 \text{ mgL}^{-1}$ ), por 15 segundos e colocadas para enraizar em bandejas de isopor de 128 células, contendo os tratamentos com substratos, moinha de carvão pura, mistura (50% moinha de carvão + areia 50%) e substrato comercial Bioplant, irrigadas manualmente duas vezes ao dia, nos períodos da manhã e da tarde.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (IC), em um fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , sendo quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), três tipos de substratos (moinha de carvão pura; 50% de moinha de carvão + 50% de areia; substrato comercial Bioplant) e aplicação ou não de AIB nas concentrações 0 e  $1.500 \text{ mg L}^{-1}$ , com três repetições e oito estacas por parcela.

As análises do substrato moinha de carvão foram realizadas no laboratório de fertilidade do solo, da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (ANEXOS, Tabela 2A). A análise de pH foi realizada no laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Formiga, em Formiga, MG.

Após 120 dias, as variáveis porcentagem de enraizamento das estacas e número de brotações das estacas foram avaliadas. Os dados foram submetidos à

análise de variância, com a utilização do software SISVAR e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% significância.

A avaliação da porcentagem de enraizamento das estacas foi realizada por meio da contagem das estacas com raiz e o número de brotações foi obtido pela contagem destas nas estacas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (ANEXOS, Tabela 3A), a variável porcentagem de enraizamento não apresentou interação significativa entre os fatores em estudo (substratos, estações do ano e concentrações de AIB). Em contraste, houve diferenças significativas entre as estações do ano, sendo observada no verão a melhor média percentual de enraizamento (89,58%) (ANEXOS, Tabela 4A).

Com o aumento da temperatura, muitas reações químicas são favorecidas, assim como as atividades das enzimas. Com isso há uma melhor síntese de compostos envolvidos no processo de enraizamento, como auxinas e cofatores de enraizamento, juntamente com o aumento da umidade relativa do ar, o que favorece o enraizamento das estacas.

O enraizamento de estacas envolve divisões mitóticas com gasto de energia que tem origem em inúmeras reações químicas, cuja velocidade e eficiência dependem da temperatura (PAULA, 2009). Segundo Kampf (2005), os pontos de máximo e mínimo variam de acordo com as espécies, sendo que, em geral, temperaturas entre 18 e 24 °C exercem efeito estimulante na fase inicial do enraizamento da grande maioria das plantas ornamentais.

Os resultados observados em relação às estações do ano são justificados por Tiwari e Chauhan (2006), que afirmam que o gênero *Rhododendron* é influenciado por variações sazonais e condições ambientais, em sua capacidade de enraizamento. As diferentes estações do ano em que as estacas são coletadas apresentam efeito sobre o enraizamento. Também Dutra, Kersten e Fachinello (2002) relatam que a época do ano está estreitamente relacionada com a consistência do lenho, e que as estacas coletadas em período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) têm maior capacidade para enraizar, principalmente em espécies de difícil enraizamento, como a azaleia. Piveta

(2012) afirma que a época de coleta das estacas influencia o enraizamento das espécies, sendo a primavera e o verão as estações que proporcionam maior capacidade às plantas de enraizar.

Os resultados obtidos são embasados por Paula (2009) que explica que quando as estacas retiradas no verão, os ramos estão em pleno crescimento e apresentam maiores doses de auxinas em relação àquelas retiradas no outono e no inverno. De acordo com Fachinello (2005), o aumento da temperatura favorece a divisão celular na formação de raízes.

No outono, a média percentual de enraizamento foi de 64,58% e, na primavera, foi observada média de 63,88% de enraizamento, não havendo diferenças significativas entre as duas estações. Porém, os resultados obtidos no enraizamento das estacas de azaleia na primavera não corroboram os resultados obtidos em trabalho realizado por Ferriani (2006) que não observou o enraizamento de *Rhododendron thomsonii* na mesma estação. Segundo o mesmo autor, para que ocorra o enraizamento, além das concentrações de auxinas e de cofatores de enraizamento, também estão envolvidas características anatômicas de cada espécie. A ausência da emissão de primórdios radiciais em alguns casos se deve à presença de fibras de esclereides no floema primário do caule da estaca, formando um anel contínuo na região cortical do caule, característica presente na maioria das estacas de plantas adultas. No entanto, os resultados obtidos para o enraizamento de estaca de azaleia no outono também foram observados por Lone (2010), que verificou enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) nesta mesma época.

O inverno foi a estação em que se obteve a menor média de enraizamento (47,91%), o que pode ser devido do fato de que, no inverno, as temperaturas são mais baixas em relação às outras estações do ano, diminuindo a capacidade de enraizamento das estacas. Este fato foi confirmado por Neves et al. (2006), que relatam que dias curtos e baixas temperaturas alteram os

processos fisiológicos das árvores matrizes, o que pode dificultar o processo de enraizamento das estacas obtidas e que a porcentagem de enraizamento diminui com a proximidade do inverno, devido aos altos os níveis de ácido abscísico, a variações no conteúdo de cofatores ou à formação e acúmulos de inibidores de enraizamento.

Os resultados obtidos no inverno são também justificados por Dutra, Kersten e Fachinello (2002), que afirmam que as estacas coletadas no inverno têm maior grau de lignificação, o que dificulta ainda mais o enraizamento.

Sendo assim, as plantas respondem de forma diferenciada em relação à capacidade de enraizamento, sendo a época mais adequada em função de cada espécie. Segundo Fachinello (2005), com relação à época mais adequada para a obtenção das estacas, há diferenças entre as espécies, sendo que algumas enraízam melhor no início da primavera e outras, desde a primavera até o fim do outono.

O substrato moimha de carvão obteve melhor média de percentual de enraizamento em relação aos demais (70,83%), porém, não diferiu significativamente do substrato comercial Bioplant, com média de 62,50% de enraizamento e do substrato mistura de moimha de carvão (50%) com areia (50%), que obteve média igual a 66,14% (ANEXOS, Tabela 5A).

O bom resultado obtido pelo substrato moimha de carvão é justificado por vários autores, que confirmam a sua potencialidade para tal finalidade. Segundo Zanetti et al. (2003), o fino de carvão vegetal, obtido no processo de peneiramento na classificação do carvão vegetal, tem uma estrutura altamente porosa e, se misturado ao solo ou ao substrato, pode aumentar a porosidade e a capacidade de retenção de água. De acordo com Wendling e Paiva (2002), a moimha de carvão pode ser utilizada para a produção de mudas, com a finalidade de aumentar a porosidade de substratos, proporcionando plantas com bom crescimento, sistema radicular bem formado e com boa agregação ao substrato.

Pode ser utilizado em propagação por estaquia de forma quase pura na fase inicial de enraizamento das estacas, com bons resultados. No caso deste ensaio, a moinha de carvão foi utilizada pura e proporcionou maiores percentuais de enraizamento, quando comparada com os outros substratos.

De acordo com os resultados analíticos do substrato moinha de carvão e os valores sugeridos por Wendling e Paiva (2002) (ANEXOS, Tabela 1A), observa-se que o fósforo (P) se encontra em nível baixo e o potássio (K), apresenta-se adequado, assim como o cálcio (Ca). Já para a CTC efetiva, o valor encontrado é considerado médio, sendo o pH de 6,60, estando pouco acima do recomendado (5,5-6,5).

Em geral, os maiores ganhos na produção de mudas e/ou enraizamento de estacas têm sido obtidos com a utilização de substratos constituídos por restos vegetais ou compostos orgânicos (ARRUDA, 2007).

Com relação à adição do regulador de crescimento AIB, este não foi significativo para o enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.), visto que, sem a sua utilização, a média percentual de enraizamento foi de 68,4% e, com a adição do regulador, a média foi de 64,58%, não diferindo significativamente entre eles (ANEXOS, Tabela 6A).

Segundo Oliveira (2002), este fato pode ser devido à presença de folhas e gemas nas estacas, uma característica importante para o enraizamento, sendo produtoras de auxinas e cofatores de enraizamento.

Estes resultados corroboram os resultados de Carvalho (2002) que, em experimento com estacas de azaleia (*Rhododendrom simsii* Planch.) utilizando NAA em diferentes concentrações (0, 2.500 e 5.000 mg L<sup>-1</sup>), com presença de um par de folhas nas estacas, constatou que o uso desse fitorregulador promoveu enraizamento em estacas de azaleia, porém, não foi significativo. Deve-se levar em consideração que outros fatores também são importantes para a formação de raízes, pois, mesmo sem o fitorregulador, é possível obter o enraizamento da azaleia.

O mesmo fato foi observado por Lone (2010) que, com estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.), quando colocadas para enraizar no outono em diferentes substratos, com aplicação de AIB (0 e 1.000 mg L<sup>-1</sup>), observou que, independente da concentração do hormônio, a porcentagem de estacas enraizadas foi, em média, de 96%.

Segundo Scaloppi Júnior e Martins (2003), há espécies nas quais as substâncias endógenas são adequadas pelo suprimento, principalmente através das folhas, desde que haja condições externas adequadas.

Lone (2010) relata que a presença de folhas nas estacas tem influência no enraizamento, sendo as auxinas mais importantes neste processo uma vez que é produzida nas folhas e gemas, movendo-se naturalmente para a parte inferior da planta e acumulando-se na base do corte junto com açúcares e outras substâncias nutritivas. A presença de folhas favorece o enraizamento devido à produção de cofatores de enraizamento nas mesmas (FACHINELLO, 2005).

Conforme Pacheco (2008), a retenção foliar pode reduzir a morte das estacas, pois são fontes naturais de carboidratos e auxina. A síntese de fotoassimilados pode ser particularmente importante, pois é responsável pela manutenção das atividades metabólicas, sendo fonte de energia e carbono estrutural no enraizamento.

A contribuição das folhas no processo de enraizamento é explicada pela continuação do processo de fotossíntese que leva à produção de carboidratos e sua acumulação na base das estacas, além das auxinas (DENECA et al., 2007).

A síntese de compostos fenólicos, via foliar, como os ácidos cafeico, catecol e clorogênico, pode interagir com as auxinas, induzindo a iniciação das raízes, promovendo o enraizamento adventício das estacas, tendo em vista sua participação como cofator de enraizamento (PACHECO, 2008).

Para Alcântara et al. (2010), a concentração ótima para a aplicação de um fitoregulador, que irá estimular o crescimento e a diferenciação dos tecidos,

causando o aumento na porcentagem de enraizamento, dependerá do nível endógeno do hormônio combinado com outros promotores do enraizamento.

Cada espécie tem seu valor máximo de aplicação exógena de regulador vegetal e este comportamento pode estar relacionado com o fato de as estacas possuírem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento. O fornecimento exógeno de auxina, em certas quantidades, pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento (PAULA, 2009).

No entanto, em trabalho desenvolvido por Grzeskowiec (2004), com espécies de rododendros e azaleias pode ser observado que a porcentagem de enraizamento foi influenciada pela concentração do regulador de crescimento AIB. A maior porcentagem (100%) de enraizamento foi encontrada para *R. 'Cunningham's White'*, com 4% de AIB e *R. catawbiense* Michx. 'Grandiflorum', com 91,6% de enraizamento com AIB 1%. A menor porcentagem de enraizamento foi observada para *R. pachytrichum*, com 33%. Para as azaleias, os melhores resultados foram observados para *R. atlanticum*, com 83% de enraizamento com AIB 1%, *R. viscosum*, 79,2%, com AIB 0,5% e *R. calendulaceum*, 54,1%, com AIB 1%.

A utilização de regulador de crescimento também foi significativa nos trabalhos de Manuad (2004) em que foi observado que o NAA, na concentração de 5%, foi significativo no enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.).

A adição do hormônio AIB também não interferiu no número de brotações, não sendo observado também o efeito da sua interação com os outros fatores (substrato e estação do ano). Foi observado que, na ausência deste, a média foi de 2,38 e, com a sua adição, a média foi de 2,47 (ANEXOS, Tabela 7A).

A utilização do regulador de crescimento AIB pode ter influenciado a relação auxina/citocinina. Segundo High (2011), existem interações antagônicas entre citocininas e auxinas nos seus efeitos sobre as brotações laterais. Alta concentração de auxinas favorece a emissão de raízes, enquanto altas concentrações de citocininas promovem a formação de gemas caulinares (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Segundo Fachinelo (2005), as citocininas têm efeito estimulador da divisão celular, na presença de auxinas, ocorrendo um estímulo à formação de calos e à iniciação de gemas. Uma relação auxina/citocinina baixa estimula a formação de gemas ou primórdios foliares, enquanto uma relação elevada estimula a formação de raízes.

No entanto, foi observado, para a variável número de brotações, o efeito significativo da interação entre os fatores, substratos e estações do ano (ANEXOS, Tabela 8A).

Segundo Figueirêdo (2012), alguns fatores, como condições fisiológicas da planta matriz (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias não identificadas), o período e a posição de coleta das estacas e a juvenildade, podem atuar isoladamente ou em conjunto no processo de formação de raízes.

Para analisar os efeitos das interações entre substratos e estações do ano, para o número de brotações, foi realizado o desdobramento substratos dentro de cada estação (ANEXOS, Tabela 9A).

Por meio das análises do desdobramento substratos dentro de cada estação, para o número de brotações, pode-se observar o efeito significativo da interação entre substratos dentro de cada estação somente para o inverno, não sendo observado efeito significativo nas estações da primavera, verão e outono (ANEXOS, Tabela 10A).

No inverno, o substrato moinha de carvão obteve média superior em relação aos demais (2,61), não diferindo significativamente do substrato

Bioplant, com média de 2,24. O substrato mistura de moinha de carvão (50%) mais areia (50%) teve média de 1,77. No outono, não houve diferenças significativas entre os substratos, para o número de brotações. No substrato moinha de carvão, foi observada média de 2,24; no substrato moinha de carvão (50%) mais areia (50%), a média observada foi de 2,65 e, para o substrato Bioplant, a média foi de 2,19. Para a primavera, a média de brotações para o substrato moinha de carvão foi 2,12, enquanto para o substrato moinha de carvão (50%) mais areia (50%) a média foi de 2,09 e, no substrato Bioplant, a média de brotações foi de 2,24, não havendo diferenças significativas entre eles. Assim como no verão, também não foram observadas diferenças significativas para o número de brotações entre os substratos, sendo observadas médias de 3,13, para moinha de carvão; 3,11, para o substrato Bioplant e 2,72, para o substrato contendo moinha de carvão (50%) mais areia (50%). Nestas épocas, primavera e verão, segundo Fachinello (2005), os tecidos apresentaram alta atividade meristemática e baixo grau de lignificação, além de terem favorecida a brotação de gemas.

Esse comportamento diferenciado do substrato em relação às estações para o número de brotações nas estacas pode ser devido a variações no ambiente de enraizamento das estacas no decorrer das estações do ano, interferindo na temperatura dos substratos e influenciando o número de brotações. Segundo Kampf (2005), a temperatura do substrato exerce influência no sucesso de enraizamento das estacas, juntamente com os demais fatores como luz e umidade, sendo que os pontos de máximo e mínimo variam para cada espécie.

Segundo Alcântara et al. (2008), a estação do ano pode representar o fator decisivo para o sucesso do enraizamento, ressaltando-se que temperaturas mais elevadas coincidem com o aumento das brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento. Este fato pôde ser confirmado também nos resultados obtidos no trabalho, uma vez que pode ser observada uma tendência do aumento

do número de brotações na estação do verão, em relação às demais estações, tendo a maior média (3,13) sido observada para o substrato moinha de carvão. Segundo Oliveira (2002), de maneira geral, o efeito da época do ano é, basicamente, o reflexo da resposta das estacas às condições ambientais. Quando estacas lenhosas são colocadas para enraizar, no início da primavera, há uma tendência a brotarem com rapidez, devido aos dias quentes.

De acordo com High (2011), altas temperaturas e dias longos podem promover maior crescimento e maior número de brotações em rododendros e azaleias. O surgimento das brotações de *Rhododendron ponticum* L. e *R. catawbiense* 'Roseum Elegans' foi quase o dobro quando as plantas foram cultivadas a 23 °C, comparadas com plantas cultivadas em temperaturas inferiores a 10 °C.

Vários autores relatam a importância da época do ano sobre a propagação de plantas e a importância de se buscar substratos alternativos para a produção de mudas, a fim de diminuir os custos de produção, bem como o aproveitamento de resíduos, tanto urbanos quanto industriais, para tal finalidade. Os resultados obtidos no trabalho puderam mostrar os efeitos das épocas do ano sobre a propagação vegetativa da azaleia, uma vez que foram observadas variações nas características em estudo, em função das épocas do ano, assim como também mostraram a viabilidade do substrato moinha de carvão como substrato alternativo à propagação vegetativa da referida espécie, apresentando resultados satisfatórios, para as variáveis em estudo, justificando sua utilização como substrato alternativo.

## **5 CONCLUSÃO**

A produção de mudas de azaleia, por estaquia, obteve melhores resultados nas estações verão, outono e primavera.

Nas condições em que foram realizados os trabalhos, não se faz necessário a utilização do regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB), para a produção das mudas de azaleia.

O substrato moimha de carvão, utilizado como substrato alternativo, é uma alternativa viável para a produção de mudas de azaleia.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, G. B. et al. Efeito dos ácidos naftaleno acético e indolilbutírico no enraizamento de estacas de jambolão [*Syzygium cumini* (L.) Skeels]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 317-321, 2010.

\_\_\_\_\_. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, jun. 2008.

ARAÚJO NETO, S. E. Produção de muda orgânica de pimentão em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1408-1413, maio 2009.

ARRUDA, M. R. et al. Enraizamento de estacas herbáceas de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 236-241, jan./fev. 2007.

AZEVEDO FILHO, J. A. et al. Efeito de substratos orgânicos no crescimento de mudas de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DE CAFÉ DO BRASIL, 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. G.; LOPES, L. C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 183 p.

BENITES, V. M. et al. **Utilização do carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as terras pretas de índio**. Disponível em:  
<[http://www.biochar.org/joomla/images/stories/Cap\\_22\\_Vinicius.pdf](http://www.biochar.org/joomla/images/stories/Cap_22_Vinicius.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2012.

CARVALHO, D. B. Indução de raízes em estacas semilenhosas de Azaleia através da aplicação de ácido naftaleno-acético em solução. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 97-101, 2002.

CASER, M.; AKKAK, A.; SCARIOTA, V. Are rhododendron hybrids distinguishable on the basis of morphology and microsatellite polymorphism? **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 22, p. 469-476, Apr. 2010.

DENEGA, S. et al. Variação sazonal do enraizamento de estacas de cultivares de *vitis rotundifolia*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 389-392, ago. 2007.

DUTRA, L. F.; KERSTEN, E.; FACHINELLO, J. C. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 327-333, abr./jun. 2002.

DUTRA, T. R. **Crescimento e nutrição de mudas de copaíba em dois volumes de substratos e níveis de sombreamento**. 2010. 45 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

FACHINELLO, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FERRIANI, A. P. Propagação vegetativa de estaquia de Azaleia arbórea (*Rhododendron tomsonii* Hook. f.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 35-42, 2006.

FIGUEIRÊDO, G. R. G. **Propagação de Gravioleira: vigor de sementes sob dessecação, estaquia e miniestaquia**. 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2012.

GALLE, F. C. **Azaleas**. Portland: Timber, 1995. 519 p.

GARCIA-GOMEZ, A.; BERNAL, M. P.; ROIG, A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 83, n. 1, p. 81-87, 2002.

GRAVE, F. et al. Crescimento de plantas jovens de acoita: cavalo em quatro diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 289-298, 2007.

GRZEŚKOWIAK, U. N. Effect of growth substances on the rooting of cuttings of rhododendron species. **Folia Horticulturae**, Praha, v. 16, n. 1, p. 115-123, 2004.

HANG, N. T. T. et al. Anthocyanins of Wild Rhododendron simsii Planch. flowers in Vietnam and Japan. **Journal of the Japanese Society for Horticultura Science**, Tokyo, v. 80, n. 2, p. 206-213, 2011.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T. **Plant propagation: principles and practices**. 8<sup>th</sup> ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HIGH, L. L. **Factors affecting simultaneous reproductive and vegetative budbreak in Rhododendron subg. Hymenanthus**. 2011. 174 p. Thesis (Ph.D. in Science) - University of Minnesota, Saint Paul, 2011.

HILL, L. **Segredos da propagação de plantas**. São Paulo: Nobel, 1996. 245 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Dados do setor**. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=183>>. Acesso em: 26 dez. 2012.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.

LIMA, R. L. S. et al. Substratos para produção de mudas de mamoeira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 474-479, maio/jun. 2006.

LONE, A. B. Enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) no outono em AIB em diferentes substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1720-1725, ago. 2010.

LOSS, A. et al. Indução do enraizamento em estacas de *Malvaviscus arboreus* Cav. com diferentes concentrações de ácido butírico (AIB). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 269-273, 2009.

LUZ, P. B.; PAIVA, P. D. O.; LANDGRAF, P. R. C. Influência de diferentes tipos de estacas e substratos na propagação assexuada de hortênsia [*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 699-703, maio/jun. 2007.

MANUAD, M. Enraizamento de estacas de azaleia tratadas com concentrações de ANA em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 771-777, jul./ago. 2004.

MELO, F. A. O. et al. **Aquecimento de uma fornalha para aquecimento direto de ar utilizando moinha de carvão**. Viçosa, MG: UFV, 2005.

Disponível em:

<[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/.../166733\\_Art119f.pdf?](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/.../166733_Art119f.pdf?)>.

Acesso em: 23 dez. 2012.

MIZUTA, D. et al. Comparison of flower color with anthocyanin composition patterns in ever green azalea. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 24, p. 594-602, June 2009.

NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 173-177, 2010.

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

OLIVERIA, A. P. **Uso do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas semilenhosa e lenhosa de pessegueiro**. 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2002.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria**. Brasília: MAPA, 2001. 4 p.

PACHECO, J. Substratos e estacas com e sem folha no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1900-1906, jul. 2008.

PASQUAL, M. **Propagação de plantas ornamentais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 80 p.

PAUL, A. et al. Biodiversity and conservation of rhododendrons in Arunachal Pradesh in the Indo-Burma biodiversity hotspot. **Current Science**, Oxford, v. 89, n. 4, p. 623-634, Aug. 2005.

PAULA, L. A. Efeito do ácido indolbutírico e épocas de estaqueamento sobre o enraizamento de estacas herbáceas de Figueira (*Ficus carica* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 87-92, 2009.

PIMENTA, A. S. **Carbonização**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 90 p.

PIVETTA, K. F. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de Espirradeira (*Nerium oleander* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 17-23, jan./fev. 2012.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.

RELF, D. Growing Azaleas and Rhododendrons. In: \_\_\_\_\_. **College of agriculture and life sciences**. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute; State University, 2009. p. 426-602.

ROWE, D. B. et al. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of Loblolly Pine: II., influence of carbohydrate and nitrogen status on adventitious rooting of stem cuttings. **New Forests**, Wageningen, v. 24, n. 1, p. 53-65, 2002.

SALVADOR, E. D.; JADOSKI, S. O.; RESENDE, J. T. V. Enraizamento de estacas de azaleia *Rhododendron indicum*: cultivar terra nova tratadas com ácido indolbutírico, com o uso ou não de fixador. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 21-24, jan./jun. 2005.

SCALOPPI JÚNIOR, E. J.; MARTINS, A. B. G. Clonagem de quatro espécies de annonaceae potenciais como porta enxerto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 286-289, ago. 2003.

SILVA, E. A. et al. Composição de substratos e tamanho de recipientes na produção e qualidade das mudas de maracujazeiro amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 588-595, maio/jun. 2010.

SODRÉ, G. A.; CORÁ, J. E.; SOUZA JÚNIOR, J. O. Caracterização física de substratos à base de serragem e recipientes para crescimento de mudas de cacauero. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 339-344, 2007.

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 276-279, ago. 2006.

STRZELECKA, K. Anatomical structure and adventitious root formation in *rhododendron ponticum* L. cuttings. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus**, Szczecin, v. 6, n. 2, p. 15-22, 2007.

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

TASAKIA, K. et al. Morphological and expression analyses of MADS genes in Japanese traditional narrow- and/or staminoid-petaled cultivars of *Rhododendron kaempferi* Planch. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 14, p. 197-199, Nov. 2011.

TIWARI, O. N.; CHAUHAN, U. K. *Rhododendron* conservation in Sikkim Himalaya. **Current Science**, Columbus, v. 90, n. 4, p. 532-541, 2006.

URESHINO, K. Study of cross incompatibility between evergreen and deciduous azaleas. **Journal of the Japanese Society for Horticultura Science**, Tokyo, v. 77, n. 1, p. 1-6, 2008.

WELLS, J. S.; BANK, N. J. The propagation of hybrid *Rhododendron* from stem cuttings: an historical review. **Journal American Rhododendron Society**, San Diego, v. 36, n. 4, 1982. Disponível em: <<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JARS/v36n4/v36n4-wells.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

WENLDING, I.; PAIVA, H. N. **Coleção jardinagem e paisagismo**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 116 p. (Série Produção de Mudam Ornamentais).

YAMASHITA, M.; OKAMOTO, A. **Seasonal variation in rooting potential of Kurume azalea “Chikushibeni” (*Rhododendron Kurume* group)**. Disponível em: <<http://www.plantroot.org>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

ZANETTI, M. et al. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta enxerto limoeiro ‘cravo’ em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 508-512, 2003.

## ANEXOS

Tabela 1A Escala de valores para interpretação de características de substratos utilizados para a produção de mudas. LAVRAS, MG, 2012

Características	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Relação C total /N total	8– 12/1	12– 18/1	> 18/1	8-12/1
pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01M	< 5	5-6	>6	5,5-6,5
P resina (mg/dm <sup>3</sup> )	< 200	200-400	>400	400-800
K trocável (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	< 15	15-30	>30	30-100
Ca Trocável (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	< 100	100-150	>150	100-200
Mg total (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	< 50	50-100	>100	50-100
C.T.C. efetiva (mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	< 100	100-200	>200	>200

Fonte: Wendling et al 2002

Tabela 2A Resultados da análise química da moinha de carvão. Lavras, MG, 2012

Elemento	P	Mn	Zn	B	Fe	Ca	K	CTC	V
	mg/dm <sup>3</sup>					mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		%	
Quantidade	6,16	0,28	0,1	6,53	3,60	162,0	63,43	168,4	99,98

Fonte: Laboratório de análises de solo – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Tabela 3A Análise de variância p/ enraizamento de estacas de azaleia, (*Rhododendron simsii* Planch.) em diferentes épocas do ano, substratos e concentrações de AIB. LAVRAS, MG, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Estações(E)	3	15996.093750	5332.031250	20.306	0.0000*
Substrato (S)	2	837.673611	418.836806	1.595	0.2135
Concentração(C)	1	262.586806	262.586806	1.000	0.3223
E x S	6	1106.770833	184.461806	0.702	0.6490
E x C	3	527.343750	175.781250	0.669	0.5749
S x C	2	394.965278	197.482639	0.752	0.4769
Ex Sx C	6	1341.145833	223.52430	0.851	0.5372
Erro	48	12604.16667	262.586806		
Total	71	33070.746528			

CV(%) = 24.37; (\*) = significância a 5% de probabilidade

Tabela 4A Médias das porcentagens de enraizamento das estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.), nas diferentes épocas do ano. LAVRAS, MG, 2012

ESTAÇÕES	Média
Primavera	63,88 b
Verão	89,58 a
Outono	64,58 b
Inverno	47,91 c

As médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey

Tabela 5A Médias das porcentagens de enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch) nos diferentes substratos. LAVRAS, MG, 2012

Substrato	Média (%)
Bioplant	62,50 a
Moinha de carvão	70,83 a
Mistura (50% moinha + 50% areia)	66,14 a

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 6A Médias das porcentagens de enraizamento de estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.) nas diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB). LAVRAS, MG, 2012

AIB	Média
0	68,40 a
1500	64,58 a

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 7A Média do número de brotações nas diferentes concentrações de AIB. LAVRAS, MG, 2012

Concentração	Média
0	2,38 a
1500	2,47 a

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 8A Análise de variância, para o número de brotações, em estacas de azaleia *Rhododendron simsii* Planch), em diferentes épocas do ano, substratos e concentrações de AIB. LAVRAS, MG, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Estações ( E)	3	7,997526	2,665842	17,853	0,0000*
Substrato (S)	2	0,594411	0,297206	1,990	0,1473
Concentração (C)	1	0,139568	0,139568	0,935	0,3383
E x S	6	3,058878	0,509813	3,414	0,0067*
E x C,	3	0,547626	0,182542	1,223	0,3113
ExSxC,	6	1,997111	0,332852	2,229	0,0554
Erro	50	7,465911	0,149318		
Total	71	21,801032			

CV=(%)= 15,90 (\*) = Significativo, a 5% de probabilidade

Tabela 9A Análise de variância do desdobramento de substrato dentro de cada estação, para número de brotações em estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* planch.). LAVRAS, MG, 2012

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
substrato /1	2	2,153100	1,076550	7,210	0,0017**
substrato /2	2	0,777078	0,388539	2,602	0,0822
substrato /3	2	0,076933	0,038467	0,258	0,7733
substrato /4	2	0,646178	0,323089	2,164	0,1230
Erro	50	7,46591	0,149318		

1 = inverno, 2 = outono, 3 = primavera, 4 = verão

(\* ) = Significado a 5% de probabilidade

Tabela 10A Análise do desdobramento: substratos dentro de cada nível de estação, para o número de brotações, em estacas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.). LAVRAS, MG, 2012

Substrato/ estações	Moinha de carvão	Bioplant	Mistura (50% moinha de carvão + 50% areia)
Inverno	2,61 a	2,24 a b	1,77 b
Outono	2,24 a	2,19 a	2,65 a
Primavera	2,12 a	2,24 a	2,09 a
Verão	3,13 a	3,11 a	2,72 a

As médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey



Figura 1A Estacas utilizadas na produção de mudas de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.)