Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização
anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**

Débora Costa Bastos

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba

2006

Débora Costa Bastos
Engenheira Agrônoma

**Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e
histológica da formação de raízes adventícias**

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2005**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Bastos, Débora Costa

Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias / Débora Costa Bastos. - - Piracicaba, 2005.

65 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Anatomia vegetal 2. Carambola 3. Estaquia 4. Histologia vegetal 5. Propagação vegetal 6. Raiz I. Título

CDD 634.6

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

“DE FATO, O SENHOR FEZ GRANDES COISAS POR NÓS, E POR ISSO ESTAMOS ALEGRES”. Salmos 126:3 (B.L.H.)

Ao meu amado esposo JÚNIOR,
Pelo carinho, companheirismo,
Amor e compreensão,
E por todos os momentos que compartilhamos juntos.
Dedico.

Aos meus pais Nilton e Júnia,
Aos meus irmãos Lucas e Denise,
Aos meus saudosos avós Sr. João e D^a. Mariinha,
pelo incentivo, apoio e
estímulo durante toda essa jornada.
Ofereço.

“... ÀQUELE QUE É PODEROSO PARA FAZER INFINITAMENTE MAIS DO QUE TUDO QUANTO PEDIMOS OU PENSAMOS, CONFORME O SEU PODER QUE OPERA EM NÓS, A ELE SEJA A GLÓRIA... PARA TODO SEMPRE. AMÉM”.
Efésios 3: 20-21

Agradecimentos

A Deus, autor e consumidor da minha fé, que é a razão maior da minha vida, a minha força e o meu sustento a cada dia;

Ao Prof. Dr. João Alexio Scarpate Filho pela orientação, apoio, dedicação, amizade, paciência e valiosos ensinamentos que contribuíram para a minha formação;

Ao Prof. Dr. José Darlan Ramos pela orientação, apoio, amizade e disposição para ensinar, auxiliar e aconselhar;

Ao Prof. Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins pelo apoio, incentivo e amizade, colaborando para o meu crescimento profissional;

Às professoras Dra. Adriana Pinheiro Martinelli Rodriguez e Dra. Beatriz Appezzato da Glória pelos conselhos e sugestões nas análises anatômicas e histológicas;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, ESALQ/USP, pela oportunidade de realização do curso;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Departamento de Produção Vegetal e aos professores do curso de Pós-Graduação, pelos ensinamentos recebidos;

Aos funcionários do Setor de Fruticultura do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, David Ulrich, Éder Cintra, José Volpato e Osvaldo Mendes pelo apoio, colaboração, participação e auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório;

Aos funcionários, Aparecido Serrano, Edileuza, Francisco, Mário, Chaddad, Sr. Israel e Jair pela disposição e colaboração em providenciar os materiais necessários para a realização dos trabalhos;

Ao colega e amigo Márcio Leandro Tomaz pela colaboração, disposição, participação e auxílio nas análises histológicas;

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Fernando A. Azevedo e Fernando C. Sala pela amizade e incentivo;

Ao amigo e colega Rafael Pio pelo apoio, incentivo, companheirismo, dedicação e disposição nos diversos trabalhos paralelos realizados e na execução deste trabalho;

À amiga e colega de profissão Ester Alice Ferreira pela disposição, colaboração e auxílio nas análises estatísticas;

Aos alunos de graduação e estagiários Marília Neubern Libardi e Luis Felipe Paes de Almeida pela amizade, paciência, colaboração e auxílio nos trabalhos realizados;

Aos alunos do Pró-Horti e do Grupo de Fruticultura da ESALQ/USP, em especial ao Luiz Gustavo Scarpari, Sabrina Bakker e Tharic Galucchi pelo auxílio e colaboração;

Às amigas Juliana Giannoni e Mariana Pavei pelos conselhos, amizade, carinho, dedicação e paciência mesmo nos momentos mais difíceis desta etapa;

Aos amigos da Igreja Presbiteriana Central de Piracicaba, em especial ao Pastor Sérgio Nascimento, grupo de louvor e conjunto coral, pelas orações, apoio e conselhos;

A todos os meus amigos de Piracicaba, em especial Cristiane, Cláudia e Júnior e todos os meus amigos de Lavras.

Aos produtores rurais Luiz Kumagai, em Campinas e Sr. Orlando e Edson, em Jaguariúna, por ceder parte do material vegetal e a área de campo para realização deste trabalho;

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-FCAV/UNESP de Jaboticabal, por ceder parte do material vegetal;

A Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB) e ao pesquisador José Antônio A. da Silva, pelo fornecimento de parte do material vegetal;

Às secretárias do Departamento de Produção Vegetal e Fitotecnia, Luciane, D. Helena, Beth e Célia pela atenção e disposição;

À funcionária do Departamento de Botânica, Laboratório de Anatomia e Histologia Vegetal Marly, pelo auxílio e colaboração nas análises histológicas;

Às bibliotecárias Eliana e Sílvia pela revisão do texto;

A todos os funcionários da ESALQ e do CENA que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

À minha família, em especial Tia Biga, amigos e todos que de alguma forma contribuíram para que mais esta etapa se cumprisse em minha vida.

DEUS ABENÇOE A TODOS!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 DESENVOLVIMENTO.....	13
2.1 Considerações gerais.....	13
2.2 Produção de mudas.....	14
2.3 Enraizamento de estacas.....	15
2.4 Bases fisiológicas da formação de raízes adventícias.....	16
2.5 Bases anatômicas do enraizamento adventício.....	23
2.6 Técnicas que estimulam a formação de raízes adventícias.....	28
2.7 Material e métodos.....	31
2.7.1 Experimento I: Ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base, no enraizamento de estacas lenhosas de caramboleira.....	34
2.7.2 Experimento II: Enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira utilizando ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base.....	36
2.7.3 Experimento III: Caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias em estacas de caramboleira.....	37
2.8 Resultados e discussão.....	39
2.8.1 Experimento I: Ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base, no enraizamento de estacas lenhosas de caramboleira.....	39
2.8.2 Experimento II: Enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira utilizando ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base.....	42
2.8.3 Experimento III: Caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias em estacas de caramboleira.....	46
3 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Planta matriz de caramboleira 'Malásia' utilizada para fornecimento do material propagativo (estacas).....	31
Figura 2 -	Dados diários das temperaturas máximas, médias e mínimas, referentes ao período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003.....	33
Figura 3 -	Porcentagem de enraizamento das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	41
Figura 4 -	Porcentagem de enraizamento e de sobrevivência das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	44
Figura 5 -	Porcentagem de formação de calos e número médio de raízes das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	45
Figura 6 -	Representação dos três tipos de estacas utilizadas para o estudo anatômico e histológico.....	46
Figura 7 -	Detalhe do corte histológico feito na estaca herbácea.....	47
Figura 8 -	Detalhe do corte histológico feito na estaca semilenhosa.....	48
Figura 9 -	Detalhe do corte histológico feito na estaca lenhosa.....	49
Figura 10 -	Descrição anatômica das principais alterações ocorridas nos diferentes tipos de estacas utilizadas.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo da análise de variância das características porcentagem de estacas enraizadas (PEE), porcentagem de estacas vivas (PEV), formação de calos (PFC), número médio de raízes emitidas por estaca (NREE) em função da aplicação de diferentes técnicas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB). ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	39
Tabela 2 -	Médias das porcentagens de estacas enraizadas (PEE), estacas vivas (PEV), formação de calos (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE) em função das diferentes técnicas utilizadas. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	40
Tabela 3 -	Resumo da análise de variância das características porcentagem de estacas enraizadas (PEE), porcentagem de estacas vivas (PEV), formação de calos (PFC), número médio de raízes emitidas por estaca (NREE) em função da aplicação de diferentes técnicas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB). ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	42
Tabela 4 -	Médias das porcentagens de estacas enraizadas (PEE), estacas vivas (PEV), formação de calos (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE) em função das diferentes técnicas utilizadas. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005.....	43

RESUMO

Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias.

A produção de mudas de caramboleira é um dos fatores limitantes à expansão comercial da cultura, devido ao tempo que estas levam para serem formadas e iniciarem a produção. Esta pesquisa teve como objetivo estudar os processos mais adequados para aumentar a eficiência da propagação por estaquia em caramboleira, utilizando-se diferentes tipos de estacas, técnicas de estiolamento e ferimento na base combinadas ao uso de reguladores de crescimento (AIB), e também estudar a estrutura anatômica e histológica dos diferentes tipos de estacas com relação à formação de raízes adventícias. O trabalho foi realizado com a instalação e condução de 3 (três) experimentos. Nos dois primeiros experimentos (I e II) foram testadas técnicas para maximizar a propagação por estacas da caramboleira. Foram utilizadas estacas da variedade Malásia, padronizadas com um par de folhas inteiras, com 12 (doze) cm de comprimento e 3 (três) gemas. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 4, onde os fatores estudados foram técnicas aplicadas nas estacas (estiolamento, ferimento na base e controle) e diferentes concentrações de AIB (0, 3000, 6000 e 9000 mg L⁻¹) para estacas lenhosas (experimento I) e (0, 2000, 4000 e 6000 mg L⁻¹) para estacas herbáceas (experimento II). As estacas foram mantidas em câmara de nebulização intermitente e após 75 dias, avaliaram-se as porcentagens de enraizamento, sobrevivência, formação de calos e número de raízes por estaca. Concluiu-se, para os dois experimentos, que as técnicas de estiolamento e ferimento na base da estaca foram prejudiciais à formação de raízes adventícias e a aplicação de AIB não mostrou diferença significativa para o enraizamento dos dois tipos de estacas estudados. No terceiro experimento foram feitos estudos anatômicos e histológicos que envolvem o processo de formação de raízes nas estacas. Estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas tratadas por imersão rápida em 0 e 3000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) foram mantidas em câmara de nebulização sob condições controladas por até 70 dias. Periodicamente as estacas foram cortadas, fixadas, desidratadas e preparadas para os cortes histológicos seriados e análise por microscopia óptica. Como conclusão, verificou-se que os diferentes tipos de estacas caulinares de caramboleira apresentaram estruturas anatômicas e histológicas distintas e a formação endógena de primórdios de raízes em estacas herbáceas ocorreu a partir do câmbio vascular.

Palavras-chave: *Averrhoa carambola* L.; Anatomia; Histologia; Estaquia; Raízes adventícias

ABSTRACT

Star fruit trees propagation by cuttings and anatomical and histological characterization of the formation of adventitious roots.

The star fruit seedling production is one of the limiting factors to the commercial expansion of this culture, due to the time that they take to be formed and begin the production. The aim of this paper is to study the most adapted processes to increase the efficiency of stem propagation for star fruit using different types of cuttings, etiolating techniques and wound in the base combined to the use of growth regulators (IBA), and also to study the anatomical and histological structure of the different types of cuttings with related to the formation of adventitious roots. The work was accomplished with the installation and conduction of 3 (three) experiments. In the first two experiments (I and II) techniques were tested in order to improve the propagation by cuttings of the star fruit. Cuttings of the variety Malaysia were used and standardized with a pair of whole leaves, with 12 (twelve) cm of length and 3 (three) gems. The statistical design used was entirely randomized in arrangement to factorial 3 x 4, where the studied factors were the techniques applied in the cuttings (etiolating, wound in the base and control) and different concentrations of IBA (0, 3000, 6000 and 9000 mg L⁻¹) for hardwood cuttings (experiment I) and (0, 2000, 4000 and 6000 mg L⁻¹) for herbaceous cuttings (experiment II). The cuttings were maintained in chamber of intermittent mist and after 75 days, the percentages of root formation, survival, formation of calluses and number of roots per cuttings were evaluated. It is concluded for both experiments, that the etiolating techniques and wound in the base of the cuttings were harmful to the formation of adventitious roots and the application of IBA did not show significant difference for root formation of both types of cuttings studied. The third experiment carried out anatomical and histological studies that involve the process of formation of roots in the cuttings. Herbaceous, softwood and hardwood cuttings treated in fast immersion at 0 and 3000 mg L⁻¹ of indolbutyric acid (IBA) were maintained in mist chamber under controlled conditions for up to 70 days. Periodically the cuttings were cut, fastened, dehydrated and prepared for the serial histological cuts and analysis through optical microscopy. As conclusion, it was verified that the herbaceous, softwood and hardwood cuttings of star fruit present different anatomical and histological structures and the endogenous formation of roots primordium in herbaceous cuttings occurred from the cambium.

Key words: *Averrhoa carambola* L.; Anatomy; Histology; Cutting; Adventitious roots

1 INTRODUÇÃO

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma frutífera originária da Ásia Tropical, com boa adaptação em regiões tropicais dos hemisférios Norte e Sul. Os principais países produtores desta fruta são Taiwan, Malásia, Brasil, Indonésia, Flórida e Índia (SAUCO et al., 1993; NAKASONE; PAUL, 1998).

Foi introduzida no Brasil em 1811, em Pernambuco, sendo que atualmente pode ser encontrada em diversos Estados brasileiros, principalmente nas regiões de clima tropical, com exceção das regiões com temperaturas mais amenas. Dentre as principais regiões produtoras, destaca-se a região Sudeste, responsável por 50% da produção nacional de carambola.

No Estado de São Paulo e Estados da região Nordeste, a cultura está em franca expansão, devido às condições climáticas favoráveis e a facilidade de produção e comercialização em mercados consumidores internos e externos. Porém, são poucas as informações sobre o cultivo da planta, como produção de mudas, técnicas culturais e tratamentos fitossanitários. A maioria dos pomares em produção são formados a partir de mudas obtidas por sementes, provenientes de cultivares originárias da Flórida e da Malásia, e em alguns casos, através da propagação por enxertia.

Portanto, a produção de mudas de caramboleira é um dos fatores limitantes à expansão comercial da cultura, devido ao tempo que estas levam para serem formadas e iniciarem a produção. Uma boa alternativa pode estar na otimização dos métodos de propagação por estaquia. As estacas caulinares de algumas espécies enraízam com tanta facilidade que com instalações e cuidados mais simples pode-se obter altas porcentagens de enraizamento, o que torna o processo rápido e pouco oneroso. Em espécies cujas estacas caulinares não enraízam com facilidade, como a caramboleira, pode-se melhorar sua eficiência através da escolha do melhor tipo de estaca e da utilização de técnicas especiais como estiolamento e ferimento da base, e o uso de reguladores de crescimento.

As auxinas são os reguladores de crescimento mais utilizados para favorecer o processo de formação de raízes, sendo o ácido indolbutírico (AIB) a principal auxina sintética utilizada para este fim, porém, apresenta resultados bastante variáveis

conforme a espécie e/ou cultivar utilizada, tipo de estaca, época do ano, concentração, modo de aplicação, condições ambientais, entre outras.

Visando minimizar os problemas relacionados à produção de mudas citados anteriormente, desenvolveu-se este trabalho, com o objetivo de estudar os processos mais adequados para aumentar a eficiência da propagação por estaquia em caramboleira, utilizando-se diferentes tipos de estacas, técnicas de estiolamento e ferimento na base combinadas ao uso de reguladores de crescimento (AIB), e também estudar a estrutura anatômica e histológica dos diferentes tipos de estacas com relação à formação de raízes adventícias.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Considerações gerais

As citações da existência de Bancos de Germoplasma de caramboleira são poucas, embora esteja distribuída em todos os continentes e em vários países. No Brasil, a maior coleção de caramboleiras está situada no Instituto de Pesquisa Agropecuária (IPA), em Pernambuco, com 32 acessos. Outro banco de germoplasma pode ser encontrado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal, com 12 acessos (DONADIO et al., 2001).

A demanda por frutas da caramboleira é crescente nos mercados externos e internos, independente da forma de comercialização (“in natura” ou na forma de polpa, suco, geléia) (ARAÚJO, 2000). O preço das frutas varia com a época, sendo que o seu pico de produção encontra-se nos meses de novembro a fevereiro. A época recomendada para produção varia entre os meses de março a setembro, onde a oferta é menor, podendo-se obter bons preços.

Diversas são as variedades de caramboleira: ‘Arkin’, ‘B-2’, ‘B-10’, ‘B-17’, ‘Cheng-Tsey’, ‘Golden Star’, ‘Fwang Tung’, ‘Malásia’, entre outras. No Brasil, as principais variedades cultivadas comercialmente são: ‘Malásia’, ‘Golden Star’, ‘Arkin’, ‘B-10’, ‘Fwang Tung’. É importante ressaltar, que embora não esteja bem definida a principal variedade de caramboleira comercializada no mercado, existe uma característica que distingue uma planta da outra, que é designada pelo sabor “ácido” e “doce”. A variedade “tipo doce” é mais utilizada para consumo “in natura”, sendo recomendada para o mercado interno e Japão, que preferem frutos adocicados. No entanto, a “tipo ácida” é mais voltada para a indústria de sucos e mercado externo, principalmente para os países Europeus. Além disso, uma outra característica que pode distinguir uma “variedade” da outra é a resistência ou suscetibilidade ao ataque da “Mosca das frutas”, que prefere as variedades com sabor mais adocicado (BASTOS, 2002).

2.2 Produção de mudas

A produção de mudas de caramboleira pode ser realizada através da utilização de sementes ou de métodos propagativos. O uso de sementes é bastante utilizado, entretanto, a ocorrência de variabilidade genética e do maior período para iniciar a produção, contribui para que esse método seja restrito somente para a formação dos porta-enxertos. A propagação, que geralmente é feita pela enxertia (borbulhia em placa ou garfagem), é o método mais explorado comercialmente, entretanto, apresenta limitações como mão de obra especializada e alto custo (DONADIO et al., 2001).

Devido às dificuldades citadas, têm sido estudados outros métodos de propagação que possam ser eficazes. Dentre eles, a estaquia é o que tem sido amplamente utilizado em fruticultura, porém o seu sucesso é variável, dependente de uma série de fatores de natureza genética ou ambiental. De acordo com Murata et al. (2002), o método de estaquia apresenta vantagens como maior uniformidade das plantas no pomar, maior facilidade e formação de grande quantidade de mudas, num curto espaço de tempo, com baixo custo e fácil execução.

Estudos científicos a respeito do enraizamento de estacas de caramboleira são escassos. Entretanto, Bastos (2002) em um dos primeiros estudos realizados sobre esse assunto, já comprovou a influência significativa da época de coleta e tipos de estacas quanto ao estágio vegetativo e de reguladores de crescimento no enraizamento, obtendo bons resultados (63,00%) em caramboleira, utilizando-se estacas herbáceas apicais, imersas em solução de AIB a 5000 mg L^{-1} durante cinco segundos, realizados na época do verão. Porém, com baixos índices de sobrevivência destas estacas. Em parte, esses resultados podem ser atribuídos à suscetibilidade das estacas herbáceas apicais às condições ambientais, em especial, às condições de umidade. Devido ao seu baixo grau de lignificação, estas estão rapidamente sujeitas ao murchamento e à oxidação. Por outro lado, Bastos et al. (2004) e Bastos et al. (2005b), verificaram ser desnecessário a utilização de AIB na indução do enraizamento de estacas apicais.

2.3 Enraizamento de estacas

O termo estaquia é usado para designar o processo de propagação no qual ocorre indução do enraizamento adventício em segmentos destacados da planta mãe, que em condições favoráveis, originam uma nova planta. O termo estaca é utilizado para denominar qualquer segmento de uma planta, com pelo menos uma gema vegetativa, capaz de originar uma nova planta, podendo haver estacas de ramos, raízes e folhas (FACHINELLO et al., 1995).

Segundo Pasqual et al. (2001) e Hartmann et al. (2002) a estaquia é um processo de propagação altamente desejável, notadamente pelo fato de as plantas originadas serem idênticas entre si e à planta matriz (clones), além de simples, rápido e não requerer técnicas especiais como no caso da enxertia, em que pode haver problemas de incompatibilidade entre o porta-enxerto (cavalo) e o enxerto (cavaleiro).

A estaquia é preferida por possibilitar um maior rendimento no número de mudas obtidas e conseqüentes reduções dos custos. Entretanto, pode propiciar a transmissão de doenças, especialmente as viróticas, permitir variações nas características devido à mutação de gemas e, principalmente, aumentar os riscos de danos nas plantas devido a problemas climáticos ou fitossanitários, já que não existe desuniformidade das plantas (FACHINELLO et al., 1995). O sucesso de sua utilização é variável devido a uma série de fatores, quer sejam de natureza genética ou ambiental, necessitando-se de estudos mais aprofundados para cada espécie.

Alguns fatores podem influenciar a propagação por estaquia, entre eles a posição da estaca no ramo, pelo grau de lignificação, quantidade de reservas e diferenciação dos tecidos, o tipo de substrato, pelas suas características químicas e físicas, o genótipo, as condições fisiológicas da planta matriz e as condições ambientais, além dos resultados poderem ser melhorados com um tratamento prévio das estacas com produtos químicos, como os reguladores de crescimento (HARTMANN et al., 2002).

2.4 Bases fisiológicas da formação de raízes adventícias

O processo de formação de raízes em estacas é influenciado por um grande número de fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto. Dentre os principais fatores que afetam o enraizamento de estacas destacam-se as condições fisiológicas da planta (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias não identificadas). Essas substâncias são fornecidas pelas folhas e se acumulam na zona de regeneração de raízes. De acordo com Hartmann et al. (2002), a relação carboidrato/nitrogênio, constatada nas estacas, vem sendo utilizada para definir a capacidade do material em enraizar, sendo que quanto maior o valor observado, da relação, maior a porcentagem de enraizamento obtido. Segundo esses mesmos autores, a presença de nitrogênio, em grande quantidade, nos tecidos vegetais, promove o desenvolvimento, consumindo reservas em detrimento da formação de raízes.

O período e posição de coleta, juvenilidade, estiolamento, presença de folhas e gemas, idade da planta matriz e fatores do ambiente como disponibilidade de água, incidência luminosa e substrato também são fatores que influenciam o enraizamento de estacas (PASQUAL et al., 2001; HARTMANN et al., 2002).

De acordo com Couvillon (1988) algumas espécies e cultivares têm maior facilidade no processo de enraizamento, enquanto outras necessitam de maiores cuidados, sendo levados em consideração outros fatores que possam influenciar o enraizamento. Bastos et al. (2005c), estudando diferentes cultivares de caramboleira quanto à capacidade de enraizamento, verificou que a cultivar Arkin foi eficiente na formação de raízes. De acordo com Haissig e Reimenschneider (1988), a formação de raízes adventícias em estacas pode ser direta e indiretamente controlada por genes, contudo, geneticamente o enraizamento de estacas não tem sido discutido na literatura.

Segundo Fachinello et al. (1995), a idade da planta matriz é um fator importante no enraizamento, visto que as estacas retiradas de plantas em estágio juvenil de crescimento apresentam maior capacidade de formar raízes do que as estacas retiradas de plantas adultas. Esse fato está relacionado com o aumento no conteúdo de

inibidores e diminuição no conteúdo de cofatores, à medida que a planta vai se tornando adulta.

Além da idade da planta matriz, a região da planta onde é retirada a estaca pode influenciar no processo de enraizamento. De acordo com Hartmann et al., (2002), as plantas adultas apresentam um gradiente dos diferentes estádios, de forma que os ramos, próximos ao sistema radicular, conservam as características juvenis. Segundo Hackett (1983), a habilidade da estaca em formar raiz em muitas espécies, particularmente em plantas lenhosas, diminui com o aumento da idade da planta matriz. A juvenilidade pode ser definida como o estágio no qual, nas plantas lenhosas, observam-se várias manifestações morfo-fisiológicas, como a incapacidade de florescimento e facilidade de enraizamento.

A posição do ramo no qual a estaca é retirada também é um outro fator que pode influenciar no enraizamento. Scalabrelli e Couvillon (1988), em estacas lenhosas de pessegueiro, concluíram que as estacas retiradas da porção basal do ramo apresentaram melhores resultados do que as estacas medianas e apicais. Por outro lado, Bastos (2002), em estacas de caramboleira, observou melhores resultados nas estacas apicais, do que nas estacas subapicais e basais retiradas do mesmo ramo. Para Hartmann et al. (2002), as estacas retiradas da porção subterminal apresentam melhor enraizamento do que as estacas terminais, na maioria dos casos.

Fachinello et al. (1995) classificaram os tipos de estacas, em relação ao estágio vegetativo na época de coleta, como: herbáceas, semilenhosas e lenhosas. Segundo a definição de Hartmann et al. (2002), estacas lenhosas devem ser coletadas durante o período de repouso vegetativo (dormência), as semilenhosas durante o verão, quando as plantas encontram-se em pleno desenvolvimento vegetativo, e as herbáceas são aquelas oriundas de espécies não lenhosas.

Carvalho et al. (2005) em licheira, observaram maiores taxas de enraizamento (68,75%) quando foram utilizadas estacas semilenhosas da cultivar Bengal sem o tratamento com AIB.

O sucesso do processo de enraizamento está relacionado a diversos fatores externos, tais como a época do ano em que a estaquia é realizada, tipo e concentração

do regulador de crescimento, substrato utilizado, temperatura do meio, além da temperatura e umidade do ambiente.

O momento durante o dia em que as estacas são coletadas da planta matriz pode influenciar na resposta do enraizamento. Recomendam-se as primeiras horas da manhã ou à noite, quando a planta não se encontra com deficiência hídrica, o que diminuirá a mortalidade das estacas decorrente da maior perda de água. Deve-se observar a cultivar ou a espécie a ser propagada, o tempo de formação de raízes, a necessidade de utilização de fitorreguladores e os procedimentos desde a coleta até o momento da regeneração das raízes (ONO; RODRIGUES, 1996).

Para as estacas de difícil enraizamento recomenda-se a nebulização intermitente, que mantém sobre as folhas uma película de água que tende a reduzir a temperatura do ar e a taxa de transpiração, além da manutenção das estacas em locais com luminosidade mediana em temperatura ambiente entre 15 e 25 °C, geralmente ripados ou coberturas de polietileno, câmaras total ou parcialmente fechadas (HARTMANN et al., 2002).

O período de coleta das estacas pode ter um papel importante na capacidade de enraizamento. As estacas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) apresentam-se mais herbáceas, ao contrário, as colhidas em um período de repouso vegetativo ou de dormência (inverno) apresentam-se mais lignificadas e de um modo geral tendem a enraizar menos. Por outro lado, estacas menos lignificadas (herbáceas e semilenhosas) são mais propícias à desidratação e à morte (HARTMANN et al., 2002).

Bastos (2002) observou em caramboleira, que a época do ano em que a estaquia é realizada, é fator determinante de sucesso, sugerindo que está relacionada com o estágio do ramo e com o grau de atividade dos processos fisiológicos das plantas. Desta forma, algumas plantas podem ser propagadas no período de crescimento e outras durante o repouso. A época adequada para a propagação de cada planta, em especial, deve ser determinada experimentalmente.

Hartmann et al. (2002), em estudos realizados com estacas de oliveira, observaram que a época do ano teve grande influência na porcentagem de enraizamento e no número de raízes por estaca, sendo que os melhores resultados

foram observados na primavera e verão; o verão também foi a melhor época para estacas semilenhosas de Kiwizeiro (CALDWELL et al., 1988) e para estacas de caramboleira (BASTOS et al., 2004). Contudo para estacas lenhosas de pessegueiro, os melhores resultados foram obtidos no inverno (FACHINELLO et al. 1982). Bastos (2002) em estacas herbáceas de caramboleira observou melhores resultados de enraizamento na época do verão.

Hartmann et al. (2002) afirmaram que o efeito da luz no processo de enraizamento pode ser devido à intensidade, ao fotoperíodo e à qualidade da luz, sendo que o efeito pode ocorrer diretamente nas estacas ou nas plantas matrizes. Howard e Harrison-Murray (1995b) estudaram os efeitos da luz (escuro e claro), no enraizamento de estacas de *Syringa vulgaris* “Madame Lemoine”, e observaram que menores radiações na base das estacas, durante o estaqueamento, propiciaram melhores resultados.

As estacas de muitas espécies de plantas enraízam com facilidade numa grande diversidade de meios, porém, em plantas que as estacas apresentam essa dificuldade, o substrato é um dos fatores que mais influenciam nesse processo, com reflexo direto na porcentagem de raízes formadas e na qualidade das mesmas (HOFFMANN et al., 1996).

De acordo com Hartmann et al. (2002), o substrato adequado para o enraizamento depende da espécie, tipo de estaca, época, sistema de propagação, custo e disponibilidade de seus componentes. Hoffmann et al. (1994) salientam que o substrato de enraizamento deve estar livre de agentes patogênicos e ser de baixo custo.

O substrato é definido como meio físico natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas que crescem em um recipiente, com um volume limitado (BALLESTER-OLMOS, 1992; SALVADOR, 2000). Para determinação do melhor substrato para cada espécie recomenda-se que sejam efetuados testes empíricos. Diversos materiais têm sido recomendados como substrato para o enraizamento de estacas. Dentre os mais utilizados, destacam-se areia, vermiculita, turfa, casca de pinus, musgo turfoso, casca de arroz carbonizada, serragem de

madeira, fibra ou pó de coco, isolados ou em misturas com outros substratos (ROSA et al., 2001; HARTMANN et al., 2002).

A temperatura do ar adequada para o enraizamento da maioria das plantas situa-se entre 21 e 27°C diurnos e próximo aos 15°C noturnos (HARTMANN et al., 2002). Temperaturas altas podem promover o desenvolvimento de brotações antes que ocorra o enraizamento, sendo prejudicial à formação das raízes adventícias e propiciando o aumento da perda de água. Além da temperatura do ar, a temperatura do substrato também é importante. De acordo com Hartmann et al. (2002), o controle da temperatura é um fator importante no processo de enraizamento de estacas. Embora altas temperaturas sejam favoráveis ao enraizamento de estacas de algumas espécies, elas estimulam uma alta taxa de transpiração, principalmente em estacas herbáceas, o que pode resultar no ressecamento e morte delas, a menos que elas sejam mantidas sob alta umidade.

A umidade é um fator de suma importância no enraizamento de estacas, principalmente nas menos lignificadas, pois nesse caso particular a perda de água é maior. Segundo Loach (1988), o balanço hídrico nos tecidos é essencial para o sucesso do enraizamento de estacas, e algumas práticas, como limitar a área de corte basal das estacas, controle da insolação e da temperatura e manutenção da umidade, são utilizadas para diminuir os efeitos do ambiente sobre a transpiração e, conseqüentemente, diminuir a perda de água pelos tecidos. Para se evitar a perda de água, que é considerada uma das principais causas da morte de estacas, recomenda-se a utilização da nebulização intermitente em casa de vegetação. A manutenção das folhas constitui um importante estímulo para a emissão de raízes, porém a perda de água por estas estruturas pode provocar a desidratação da estaca e causar sua morte antes que ocorra a formação de raízes (HARTMANN et al., 2002).

Algumas substâncias endógenas produzidas em diferentes partes da planta, tais como auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno, podem afetar o enraizamento. Outras substâncias, como inibidores e estimuladores do crescimento, também podem afetar a formação de raízes, porém de maneira mais indireta (HARTMANN et al., 2002).

Reguladores de crescimento são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam qualitativamente o crescimento e desenvolvimento de plantas. Podem ser utilizados na propagação, visando possibilitar ou acelerar a formação de raízes de estacas de espécies que apresentem difícil enraizamento (CASTRO; KERSTEN, 1996; PASQUAL et al., 2001).

Hartmann et al. (2002), observaram que as estacas herbáceas mostraram aumento no seu enraizamento, quando tratadas com reguladores de crescimento. A aplicação exógena de reguladores de crescimento é utilizada para promover maiores percentuais de enraizamento. Os reguladores do grupo das auxinas são os mais utilizados, com destaque para o ácido indolbutírico (AIB). Porém, nem sempre esta técnica proporciona resultados satisfatórios (TOFANELLI et al., 2002).

As auxinas foram os primeiros reguladores químicos a terem uma aplicação agrônômica bastante difundida, praticamente empregando-se só as sintéticas por serem mais facilmente absorvidas e por resistirem melhor ao catabolismo auxínico, o que as torna mais potentes e de ação mais duradoura (HINIJOSA, 2000; PASQUAL et al., 2001).

As auxinas estão envolvidas em diversas atividades fisiológicas como o crescimento de ramos, inibição de gemas laterais, abscisão de folhas e frutos, desenvolvimento dos frutos, ativação das células do câmbio e muitas outras. Aparentemente, as auxinas não agem de acordo com a espécie, pois há indícios que a resposta a uma auxina em uma espécie é semelhante à ocorrida em outras espécies, no entanto, não se tem um conhecimento completo do mecanismo de ação dessas substâncias.

Atualmente, o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftaleno acético (ANA) são as principais auxinas utilizadas para o enraizamento de estacas caulinares e estacas micropropagadas através da cultura de tecidos. As auxinas são requeridas para a formação de raízes adventícias em ramos, e a divisão celular inicial da raiz principal depende de níveis endógenos de auxinas ou de sua aplicação. O ácido indol acético (AIA) é sintetizado principalmente nas gemas apicais e nas folhas jovens. Normalmente, as auxinas se movimentam através da planta do ápice para a base.

O AIB apesar de ser considerado uma auxina sintética, apresenta uma pequena ocorrência natural, porém, bem menos abundante do que o AIA. O AIB quando aplicado para estimular o enraizamento pode ser parcialmente convertido para AIA ou pode modificar sinergicamente a ação do AIA ou sua síntese endógena (Hartmann et al., 2002).

Parece que a base fisiológica da iniciação de raízes adventícias pode residir no nível de auxina presente nos tecidos ou no equilíbrio entre a auxina e certos outros constituintes da planta. De acordo com Peres e Kerbauy (2000), estacas caulinares contendo gemas formam raízes mais prontamente, provavelmente devido à maior produção de auxina.

O AIB pode ser utilizado na forma de pó, de solução diluída ou de solução concentrada. O método mais empregado, na aplicação exógena do AIB, é em forma de solução diluída, seja pela sua uniformidade de tratamento ou pelo seu baixo risco fitotóxico, embora apresente a desvantagem de perder sua atividade em pouco tempo.

Nachtigal et al. (1999) utilizando 200 mg L^{-1} de AIB em estacas de umezeiro, obtiveram uma porcentagem de enraizamento 300% maior do que na testemunha. Bastos (2002), estudando a influência da utilização do AIB no enraizamento de estacas de caramboleira cultivar B-10, observou um incremento no percentual de enraizamento de estacas herbáceas apicais na época do verão em relação ao aumento na concentração de AIB até 5000 mg L^{-1} (0, 1000, 3000, 5000 mg L^{-1}), e um decréscimo a partir deste ponto até 7000 mg L^{-1} , utilizando-se a metodologia de imersão rápida proposta por Hartmann et al. (2002). A utilização de soluções de AIB menos concentradas (0, 100, 200 e 400 mg L^{-1}), por um período de 14 horas, apresentou efeitos inversos aos desejáveis, sendo a testemunha o tratamento de melhor resultado, apesar de não diferir estatisticamente dos demais.

Biasi et al. (2002) verificaram que a utilização de AIB não apresentou efeito positivo na emissão de raízes em estacas semilenhosas de caquizeiro 'Fuyu'. Bastos et al. (2005b) em estudos com diferentes tipos de estacas e cultivares de caquizeiro, observaram que os melhores resultados para enraizamento foram apresentados quando se utilizou estacas herbáceas, sem a aplicação de AIB (13,17%).

Mayer (2001) obteve bons resultados de enraizamento e número de raízes utilizando 2000 mg L⁻¹ de AIB em estacas de umezeiro. Resultados semelhantes foram encontrados por Tofanelli et al. (2001) que observaram 73,37 % de enraizamento em estacas de pessegueiro tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB. Norberto et al. (2001) em estacas de figueira tratadas com 100 mg L⁻¹ de AIB por um período de 24 horas obtiveram 100% de enraizamento. Entretanto, Bastos et al. (2004) não observaram aumento significativo no enraizamento de estacas de caramboleira, com a aplicação desse regulador, sob condições controladas.

Sebastiani e Tognetti (2004), trabalhando com o enraizamento de estacas das oliveiras 'Frantoio' e 'Gentile di Larino', concluíram que essas cultivares apresentam baixo enraizamento, mesmo utilizando 4000 mg L⁻¹ de AIB. Negash (2003) estudou o enraizamento de estacas de oliveira-selvagem [*Olea europaea* subsp. *cuspidata* (Wall. ex. DC.) Ciffieri] e concluiu que essa pode ser propagada por estaquia, porém, os danos ocasionados na planta matriz e o baixo enraizamento inviabilizam esse método.

Vários trabalhos surgiram evidenciando a influência da associação de substâncias de crescimento e o estiolamento. Hartmann et al. (2002) afirmaram que somente o uso de reguladores de crescimento não tem apresentado resultados favoráveis em algumas espécies, entretanto, a associação com o estiolamento melhorou o enraizamento de estacas de abacateiro da raça antilhana, assim como de outras espécies.

2.5 Bases anatômicas do enraizamento adventício

Para a caracterização anatômica da formação de raízes em estacas, torna-se necessário primeiramente, o estudo histológico dos eventos que ocorrem na formação das raízes adventícias, e posteriormente a formação dessas raízes em estacas colocadas para enraizar.

O termo raiz adventícia tem diversos significados, podendo ser empregado para designar raízes que se originam em partes aéreas da planta, em caules subterrâneos, e em regiões mais ou menos velhas das próprias raízes. As raízes adventícias são

encontradas em quase todas as plantas vasculares, com a possibilidade de formação em diversos pontos; podendo ocorrer ao nível dos nós em associação com gemas de ramos axilares, mas também originando-se independentemente de gemas axilares e de entrenós. O desenvolvimento destas desempenha papel importante na propagação das plantas e o fenômeno em questão tem sido explorado nas pesquisas de substâncias reguladoras de crescimento (ESAU, 1977).

A origem e o desenvolvimento destas raízes é geralmente endógena e formam-se junto aos tecidos vasculares crescendo através dos tecidos localizados ao redor do seu ponto de origem. A maioria das raízes adventícias origina-se de células que apresentam a capacidade de tornarem-se meristemáticas. O processo de desenvolvimento de raízes adventícias passa por três estágios: a desdiferenciação celular seguida pela iniciação dos grupos de células meristemáticas, a diferenciação destes grupos de células meristemáticas em primórdios radiculares e o crescimento e emergência das novas raízes, incluindo o desenvolvimento do tecido da estaca e a formação do tecido vascular entre os primórdios de raízes e o tecido vascular (HARTMANN et al., 2002).

Os primórdios das raízes adventícias iniciam-se por divisões de células do parênquima, células de calos ou de outros parênquimas, lembrando as divisões que dão origem às raízes laterais a partir do periciclo de raízes jovens. Antes da raiz adventícia emergir, ela diferencia um promeristema, uma coifa, o início do cilindro vascular e o córtex. Por ocasião da diferenciação dos elementos vasculares das raízes adventícias, células de calos ou de outros parênquimas, localizadas na parte proximal do primórdio se diferenciam em elementos vasculares, proporcionando a conexão com os elementos correspondentes do órgão em formação (ESAU, 1977; RAVEN et al., 2001).

Em estacas de plantas herbáceas, estas células encontram-se fora e entre os feixes vasculares, a exemplo de estacas de crisântemos cujas raízes adventícias se formam primeiro na região interfascicular. Em plantas de abóbora, as raízes adventícias se originam a partir de células parenquimáticas do floema. Em estacas de plantas lenhosas, as raízes originam-se no tecido do floema secundário jovem ou de outros tecidos, como o câmbio vascular, os raios vasculares e a medula. As raízes adventícias

de estacas de *Rosa dilecta* se originam da faixa do câmbio imaturo, multisseriado dos raios do floema secundário. Em estacas de *Taxus cuspidata* as raízes adventícias têm sua origem no floema secundário, nas células do raio e no parênquima floemático circundante, e em estacas de madeira dura de pera se originam e se desenvolvem a partir das células do câmbio ou nas células do floema mais jovens (HARTMANN et al., 2002).

Raízes adventícias formadas em estacas podem ter origem no calo que se instala na base do corte. A cicatrização e a formação de calo ocorre em superfícies seccionadas de raízes. Subseqüentemente, parte das raízes adventícias forma-se nos tecidos não lesados situados abaixo da superfície ferida, e outra parte, das derivadas do calo.

Na propagação por estacas de ramos ou caulinares, somente é necessário que se forme um novo sistema radicular, visto que já existe um sistema caulinar no ramo em potencial (uma gema). Muitas células nas regiões de maturação têm capacidade de tornar-se meristemáticas e produzir novos sistemas de raiz, caule ou de ambos, os quais tornam possível a propagação por estacas. Dessa forma, uma única célula viva, contém as informações necessárias para regenerar uma nova planta, semelhante a que lhe deu origem, devido ao processo conhecido como totipotência (HARTMANN et al., 2002).

Fachinello et al. (1995) observaram que as raízes formadas nas estacas são respostas ao traumatismo produzido pelo corte e que, dessa forma, dois aspectos são fundamentais: a desdiferenciação e a totipotência (toda célula carrega a informação necessária para originar um novo indivíduo exatamente igual ao que lhe deu origem). Com o preparo da estaca, ocorre uma lesão tanto nos tecidos do xilema quanto nos do floema, resultando num traumatismo, que é seguido por um processo de cicatrização, formando uma capa de suberina, que reduz a desidratação na área lesada. Nesta região freqüentemente se forma uma massa de células parenquimáticas desorganizadas, pouco diferenciadas e em diferentes estágios de lignificação, denominadas calo. De acordo com Torres e Caldas (1990) calo é o grupo ou massa de células não organizadas, em crescimento desorganizado e com certo grau de diferenciação. Assim as células que se tornam meristemáticas dividem-se e originam

primórdios radiculares, ocorrendo formação de raízes adventícias nas células adjacentes ao câmbio e ao floema.

Segundo Hartmann et al. (2002) a formação de calo e de raízes são processos independentes na maioria das plantas, sendo que a ocorrência simultânea é devido à dependência de condições internas e ambientais semelhantes. Entretanto, em algumas plantas, a formação de calo pode ser precursora da formação de raízes adventícias.

Barreiras anatômicas na formação de raízes adventícias

A capacidade de formação de raízes pelas estacas caulinares, pode estar relacionada com a estrutura anatômica do floema primário. O floema das espécies de difícil enraizamento é caracterizado por apresentar elevado grau de esclerificação. Esse fator exerce influência direta na capacidade de enraizamento de várias espécies, sendo que o aumento do teor de lignina nos tecidos pode criar barreiras mecânicas, ou mesmo fisiológicas ao enraizamento (DAVIES JUNIOR; HARTMANN, 1988).

O esclerênquima é um tecido de sustentação composto por células parenquimáticas, além de fibras e esclereídes (células com a parede secundária lignificada e espessa) (RAVEN et al., 2001). De acordo com Hartmann et al. (2002), os anéis de esclerênquima contínuos entre floema e córtex externos ao local de origem das raízes adventícias, podem constituir uma barreira anatômica ao enraizamento.

Em plantas perenes lenhosas nas quais se encontra uma ou mais camadas de tecido do floema secundário, as raízes adventícias das estacas de ramos se originam geralmente do tecido do floema secundário jovem, entretanto essas raízes poderão surgir de outros tecidos, tais como: do câmbio, dos raios vasculares ou da medula. Nas espécies de difícil enraizamento, praticamente todas as raízes se originam do tecido cicatricial. Neste tecido as raízes surgem principalmente por divisões do câmbio e do parênquima liberiano ou de qualquer célula viva capaz de desdiferenciar (ALTMAN; WAISEL, 1996).

Beakbane (1961), comparando brotações exibindo características juvenis e adultas, ambas derivadas da mesma planta de macieira, concluiu também que as

brotações basais juvenis são relativamente isentas de células esclerificadas no floema primário. Verificou que existe correlação entre o grau de esclerificação do floema primário e habilidade para enraizamento. Bid e Mukherjee (1972), pesquisando sobre enraizamento em estacas de mangueira, observaram diferenças anatômicas após 30 dias da poda, em relação à testemunha sem poda, que o número de feixes de fibras do floema e a concentração de canais de resinas por raio visual do microscópio foram em menor número nas plantas podadas. Confirmou ainda que este tratamento foi o que apresentou a maior porcentagem de enraizamento e de estabilização de estacas.

Algumas espécies como a seringueira, são consideradas de difícil enraizamento, devido à presença de um cilindro quase contínuo de tecidos lignificados, que juntamente com as barreiras químicas dificultam a emissão de raízes. A utilização de técnicas de indução de enraizamento (estiolamento e estrangulamento da base das estacas) aplicadas isoladamente ou em conjunto nestas estacas pode induzir a formação de raízes. Segundo Medrado et al. (1995) o uso dessas técnicas nessa espécie promoveu alterações na atividade do câmbio vascular produzindo maior número de células parenquimáticas no floema, resultando na descontinuidade da bainha de fibras perivasculares, o que representa um indício para o favorecimento ao enraizamento das estacas.

Beakbane (1961) relaciona a baixa capacidade de enraizamento de estacas de algumas espécies com formação de anéis de esclerênquima delimitando externamente os feixes vasculares. Entretanto, Hartmann et al. (2002) demonstraram que as diferenças bioquímicas nas células meristemáticas do ramo em vários estádios de desenvolvimento são mais importantes que as características anatômicas.

Davies Junior et al. (1982) e White e Lovell (1984) consideram que a grande diferença encontrada na capacidade dos tecidos situados por dentro do anel esclerenquimático parece ser mais importante na formação de primórdios radiculares do que a restrição mecânica à emergência das raízes. Segundo Hartmann et al. (2002), algumas espécies continuam a ter problemas no enraizamento, mesmo que ocorra uma quebra na continuidade do anel esclerenquimático, por atividade meristemática.

Embora alguns trabalhos mostrem que há uma resposta fisiológica ao problema do difícil enraizamento, é provável também que a diminuição na relação entre o tecido

esclerenquimático e parenquimático promova condições para a formação de primórdios radiculares. Além disso, a quebra da barreira de esclerênquima se não é fator condicionante principal para o enraizamento, deve facilitar a passagem de primórdios radiculares (MEDRADO,1992).

2.6 Técnicas que estimulam a formação de raízes adventícias

O estiolamento é uma técnica utilizada que pode proporcionar e favorecer a formação de raízes na propagação de algumas frutíferas. Essa técnica consiste no crescimento de toda a planta, ou de parte dela, sob condições de ausência total ou parcial de luz. Segundo Davis et al. (1988), estiolamento vem a ser o desenvolvimento de brotos, ramos, ou partes dos ramos na ausência de luz, resultando num crescimento normalmente alongado, com coloração amarela ou branca devido à ausência de clorofila. Não estão ainda bem definidos quais os efeitos prejudiciais da luz no enraizamento das estacas, podendo ser devido à fotoinativação dos fatores naturais de enraizamento nos tecidos cortados do caule.

Na propagação por estaquia o estiolamento pode ser feito na planta matriz como um todo, em alguns ramos, ou ainda de forma localizada através da aplicação de uma fita de cor escura na base dos ramos que originarão as estacas (HARTMANN et al., 2002), sendo esta técnica recomendada para estacas de espécies de difícil enraizamento.

As estacas que se desenvolvem no escuro, enraizam mais facilmente do que aquelas desenvolvidas na presença de luz (WEAVER, 1979). Hermann e Hess (1963) afirmaram que as estacas estioladas têm maior capacidade de enraizamento e contêm maior teor de auxina e cofatores de enraizamento quando comparadas às estacas não estioladas.

Vários trabalhos evidenciam a influência da associação do estiolamento com reguladores de crescimento. Hartmann et al. (2002) em estudos com abacateiro afirmam que a associação com o estiolamento melhora a capacidade de enraizamento destas estacas, e ainda, de outras espécies. Harrison-Murray (1982) utilizando a técnica

de estiolamento em estacas de macieira verificaram um aumento de 11% para 78% na porcentagem de enraizamento.

Rodrigues e Luchesi (1987) utilizando o estiolamento em estacas de guaranazeiro verificaram que a combinação entre o estiolamento e a aplicação de AIB propiciou aumento no percentual de enraizamento de 70, 83 para 91,7%. Sampaio (1989), em estacas de laranjeira 'Pêra', obtiveram melhores resultados de enraizamento quando utilizaram o estiolamento juntamente com a aplicação de AIB. Entretanto, Boliani (1986), desenvolvendo estudos com estacas de nespereira, concluiu que o estiolamento basal não influenciou o enraizamento. Voltolini e Fachinello (1997) verificaram que estacas estioladas de araçazeiro amarelo não apresentaram diferenças significativas com relação ao número de raízes formadas, quando submetidas ao sombreamento de 0, 30, 50 e 70%. Mohammed e Sorhaindo (1984), não observaram influência positiva da associação entre o estiolamento e o uso de AIB em estacas de abacateiro.

Os ramos estiolados apresentam diferenças anatômicas que podem favorecer o aparecimento de primórdios radiculares. A formação de tecidos mais tenros, com menor resistência mecânica, se deve a menor quantidade de lignina, à formação de células com paredes mais finas e à menor suberização dos tecidos externos (MAYNARD; BASSUK, 1988).

Além do estiolamento dos ramos, outra técnica que pode favorecer a formação de raízes é o ferimento, incisão ou lesão feita na base das estacas. Conforme Hartmann et al. (2002) a atividade celular na área lesionada é estimulada por aumento da taxa respiratória, elevação nos teores de auxinas, carboidratos e etileno, resultando na formação de raízes nas margens da lesão.

A técnica do ferimento consiste na realização de quatro cortes, feitos com bisturi, em lados opostos da base da estaca, com 2 cm de comprimento. A partir daí, ocorre divisão celular com posterior formação de calos e raízes.

O ferimento na base das estacas mostra-se benéfico para o enraizamento de diversas espécies lenhosas, por estimular a divisão celular e a formação de calos (BIASI et al., 2000).

Biasi et al. (1997), analisando o potencial de enraizamento de diferentes porta enxertos de videira observaram um estímulo significativo para número de raízes em estacas do porta-enxerto 'Jales'; esta tendência também foi observada para o 'Tropical'. O ferimento na base também proporcionou incrementos no enraizamento e na retenção foliar em estacas dos porta-enxertos 'Jales', 'Tropical' e 'Campinas'.

Souza et al. (1995) em estacas de ameixeira, verificaram que o ferimento na base da estaca propiciou um aumento no porcentual de enraizamento de 54,5% (sem ferimento) para 81,7% (com ferimento) na cultivar Frontier, entretanto, para a cultivar Reubennel não foram observadas diferenças significativas entre o enraizamento das estacas com e sem ferimento. Segundo esses autores, o efeito benéfico do ferimento no enraizamento de estacas de ameixeira cultivar Frontier pode estar relacionado com o rompimento das barreiras mecânicas ou fisiológicas ao enraizamento, o que, de acordo com Davies Junior e Hartmann (1988), surgem com o aumento do teor de lignina nos tecidos e exercem influência direta na capacidade de enraizamento das estacas.

Segundo Howard et al. (1984) as incisões expõem o câmbio e a região do córtex, aumentando assim a interação com o regulador vegetal. As lesões nos tecidos estimulam a divisão celular produzindo primórdios radiculares, possivelmente devido ao acúmulo de carboidratos, auxinas e síntese de etileno nessa região lesada (HARTMANN et al., 2002). Howard et al. (1984) obtiveram resultados de até 94% de estacas enraizadas, quando além do controle de temperatura no meio de enraizamento fizeram incisões na base da estaca seguidas de tratamento com AIB. Entretanto, Rajan e Ram (1983) estudando o efeito do número de incisões juntamente com AIB, no enraizamento de estacas de mangueira, concluíram que mais de duas incisões por estaca, reduziu o número de raízes e a porcentagem de enraizamento das mesmas.

2.7 Material e métodos

Os experimentos foram realizados na área experimental de produção de mudas do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, município de Piracicaba, SP, localizado a 22° 43” de latitude Sul e a 47° 38” de longitude a oeste de Greenwich, com altitude de 576 m. O clima da região pode ser classificado segundo Köppen, como Cwa, subtropical com chuvas de verão e inverno relativamente seco, com uma média de temperatura de 21,1°C, precipitação anual de 1253 mm e umidade relativa do ar de 74% (BRASIL, 1992).

As estacas utilizadas nos experimentos (I e II) foram coletadas em 19 de novembro de 2002, de plantas matrizes sadias de caramboleira da variedade Malásia, com 15 anos de idade, em pomar comercial situado no Sítio Maracujá, em Campinas-SP (Figura 1).

Figura 1 – Planta matriz de caramboleira cultivar Malásia utilizada para fornecimento do material propagativo (estacas)

A variedade Malásia foi selecionada por apresentar frutos com peso entre 90 e 200 g, coloração variando de amarelo dourado a amarelo-laranja, boa textura e sabor adocicado, características importantes para o mercado consumidor.

Para a caramboleira, podem-se caracterizar como estacas herbáceas àquelas provenientes da parte apical de ramos tenros, com menor grau de lignificação. São consideradas estacas lenhosas as provenientes da parte basal de ramos com maior grau de lignificação e estacas semilenhosas, são provenientes da parte mediana de ramos com grau de lignificação intermediários (BASTOS et al., 2004).

Os dados climáticos referentes ao período de realização dos experimentos (19 de novembro de 2002 a 04 de fevereiro de 2003) estão expressos na Figura 2 A-D.

Figura 2 – Dados diários das temperaturas máximas, médias e mínimas, referentes ao período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003. A: Médias das temperaturas ocorridas em novembro de 2002. B: Médias das temperaturas ocorridas em dezembro de 2002. C: Médias das temperaturas ocorridas em janeiro de 2003. D: Médias das temperaturas ocorridas em fevereiro de 2003

Figura 2 – Dados diários das temperaturas máximas, médias e mínimas, referentes ao período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003. A: Médias das temperaturas ocorridas em novembro de 2002. B: Médias das temperaturas ocorridas em dezembro de 2002. C: Médias das temperaturas ocorridas em janeiro de 2003. D: Médias das temperaturas ocorridas em fevereiro de 2003

2.7.1 Experimento I: Ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base, no enraizamento de estacas lenhosas de caramboleira

No estiolamento parcial (45 dias antes da retirada da estaca), realizado no dia 04 de outubro de 2002, utilizou-se fita de polietileno de cor preta (1,5 cm de largura), que foi enrolada na base das brotações (ramos lenhosos), cobrindo-se aproximadamente 5 cm da região de uma gema e da área próxima a ela, ficando 12 cm abaixo do ápice. Após esse período, ou seja, no dia 19 de novembro de 2002 foram coletadas estacas com folhas, padronizadas com 12 cm de comprimento e 0,6 a 0,8 cm de diâmetro (estioladas e não estioladas).

Parte das estacas não estioladas sofreu incisões mecânicas na base com auxílio de um canivete. As incisões foram realizadas através de dois cortes laterais na base da estaca, com cerca de 1,0 cm de comprimento, nos quais se eliminou uma porção da casca com o objetivo de expor uma maior área da região cambial. Parte das estacas foi utilizada como tratamento controle (testemunha), sem estiolamento e ferimento na base.

Após o preparo das estacas, imergiu-se sua base em solução de AIB (ácido indolbutírico – $C_{12}H_{13}NO_2$ – Merck S.A.) nas concentrações de 0, 3000, 6000 e 9000 mg L^{-1} por vinte segundos. No preparo da solução, dissolveu-se o AIB em dez gotas de hidróxido de sódio (NaOH 0,5N), com intuito de facilitar a posterior homogeneização em água destilada.

A seguir, as estacas foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 72 células (células de formato piramidal invertida, orifício na base para escoamento de água e capacidade de 120 cm^3 de substrato), preenchidas com substrato vermiculita de grânulos médios, colocando-se uma estaca por célula.

As bandejas foram acondicionadas em câmara de nebulização intermitente (temperatura de $25 \pm 5^\circ C$, UR média de 72%, tempo de aspersão de 20 segundos em intervalos de 10 minutos). Em cada bandeja foram colocadas 3 (três) repetições, dispostas ao acaso, sendo que cada parcela foi composta por 10 estacas.

Foi utilizado o delineamento estatístico inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 4, onde os fatores estudados foram técnicas aplicadas nas estacas

(estiolamento, ferimento - incisões na base e controle) e concentrações de AIB (0, 3000, 6000 e 9000 mg L⁻¹), com 3 repetições e 10 estacas por unidade experimental, perfazendo um total de 360 estacas.

Após 75 dias, em 04 de fevereiro de 2003, avaliaram-se as porcentagens de estacas enraizadas, de estacas vivas e de calos formados, além do número de raízes emitidas por estaca.

Para efeito da análise estatística, os dados foram transformados em arc sen $\sqrt{x + 0,5}$ e submetidos à análise de variância e as médias ao teste Scott-Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade (Gomes, 2000). As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2000).

2.7.2 Experimento II: Enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira utilizando ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base

Como parte dos tratamentos foi realizada no dia 04 de outubro de 2002 (45 dias antes da instalação final do experimento) a cobertura com fita plástica preta (1,5 cm de largura) da base dos ramos herbáceos (futura estaca), situados no interior da planta, cerca de 10 cm do ápice do ramo. Após o período pré-determinado, no dias 19 de novembro de 2002, foram retiradas daqueles ramos as estacas com folhas (estioladas e não estioladas), padronizando-se em 12 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro.

Incisões mecânicas foram feitas em parte das estacas não estioladas, com o auxílio de um canivete, sendo dois cortes laterais na base das estacas, com 10 mm de comprimento, com eliminação da casca expondo uma maior superfície da região cambial nesta área. Parte das estacas foi utilizada como tratamento controle (testemunha), sem estiolamento e ferimento na base.

Depois de preparadas, as bases das estacas foram imersas em solução AIB (ácido indolbutírico – C₁₂H₁₃NO₂ – Merck S.A.) nas concentrações de 0, 2000, 4000 e 6000 mg L⁻¹ por vinte segundos. O AIB foi dissolvido e homogeneizado em dez gotas de hidróxido de sódio (NaOH 0,5N) e em 100 mL de água destilada.

Essas estacas foram então acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com 72 células com capacidade de 120 cm³, de formato piramidal invertido, com orifício para escoamento de água. O substrato utilizado foi a vermiculita de grânulos médios. Após esse procedimento, as bandejas foram levadas para câmara de nebulização intermitente, com temperatura de 25±5°C, 72% de umidade relativa, em média, irrigação por aspersão programa para 20 (vinte) segundos em intervalos de 10 (dez) minutos. Em cada bandeja foram distribuídas as estacas, uma por célula, dispostas ao acaso, com um total de 3 (três) repetições.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 (estiolamento, fermento - incisões na base e controle) x 4 (0, 2000, 4000 e 6000 mg L⁻¹), com 3 repetições e 10 estacas por parcela, num total de 360 estacas.

Decorridos 75 dias após a instalação do experimento (04 de fevereiro de 2003), foram feitas as avaliações das seguintes características: porcentagens de estacas enraizadas (PEE), de estacas vivas (PEV) e de calos formados (PFC), além do número de raízes emitidas por estaca (NREE).

Para efeito da análise estatística, os dados foram transformados em arc sen $\sqrt{x + 0,5}$ e submetidos à análise de variância e as médias ao teste Scott-Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade (Gomes, 2000). As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2000).

2.7.3 Experimento III: Caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias em estacas de caramboleira

O experimento foi conduzido durante o mês de janeiro de 2003, na área de produção de mudas do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

As estacas foram coletadas de plantas matrizes sadias de caramboleira, com 18 anos de idade, da região mediana da copa. Em seguida foram preparadas com 12 cm de comprimento e um par de folhas inteiras no nó superior.

Após o preparo das estacas, essas foram imersas em solução de AIB (ácido indolbutírico – $C_{12}H_{13}NO_2$ – Merck S.A.) na concentração de 3000 mg L^{-1} , por vinte segundos. No preparo da solução, dissolveu-se o AIB em dez gotas de hidróxido de sódio (NaOH 0,5N), com intuito de facilitar a posterior homogeneização em água destilada (100 mL).

Posteriormente, as estacas foram colocadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 72 células (células de formato piramidal invertida, orifício na base para escoamento de água e capacidade de 120 cm^3 de substrato), preenchidas com substrato vermiculita de grânulos médios, colocando-se uma estaca por célula.

Utilizaram-se três tipos de estacas: herbácea, semilenhosa e lenhosa, sendo que de cada tipo foram coletadas periodicamente (até 70 dias), e aleatoriamente 5 (cinco) estacas e retirada sua base (1,0 cm) para análise estrutural através da microscopia óptica.

As amostras foram fixadas por um período mínimo de 24 horas em solução de paraformaldeído (4%, p/v), sob refrigeração (RODRIGUEZ; WETZSTEIN, 1998). As amostras fixadas foram lentamente desidratadas à temperatura ambiente em uma série de metil celosolve, etanol, propanol e butanol, seguido de butanol: meio de infiltração (1:1), a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (RODRIGUEZ; WETZSTEIN, 1998). Em seguida, as amostras foram transferidas para meio de infiltração (100%), permanecendo por no mínimo 24 horas, (4°C).

Para infiltração e emblocagem utilizou-se o kit Historesina (hidroxietilmetacrilato, Leica Heidelberg). A polimerização foi feita à temperatura ambiente por 24 a 48 horas.

Foram realizados cortes seriados com espessura de $5\text{ }\mu\text{M}$ e corados com fucsina ácida (0,01 %) seguida de azul de toluidina (0,05 %) (FEDER; O'BRIEN, 1968).

Essas atividades foram realizadas no Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). Foram tiradas fotomicrografias do material preparado em lâminas.

2.8 Resultados e discussão

2.8.1 Experimento I: Ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base, no enraizamento de estacas lenhosas de caramboleira

A análise de variância das características porcentagem de estacas enraizadas (PEE), porcentagem de estacas vivas (PEV), porcentagem de formação de calos (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE), em função da aplicação de diferentes técnicas e concentrações de AIB estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância das características porcentagem de estacas enraizadas (PEE), porcentagem de estacas vivas (PEV), porcentagem de formação de calos (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE), em função da aplicação de diferentes técnicas e concentrações de AIB. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005

Causas de Variação	GL	F*			
		PEE	PEV	PFC	NREE
Técnicas Utilizadas (A)	2	0,0031**	0,0732 ^{NS}	0,0406 ^{NS}	0,0327 ^{NS}
Concentrações de AIB (B)	3	0,1802 ^{NS}	0,6347 ^{NS}	0,7512 ^{NS}	0,1823 ^{NS}
A X B	6	0,4908 ^{NS}	0,5537 ^{NS}	0,5886 ^{NS}	0,8836 ^{NS}
Resíduo	24	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-

* Teste F da análise de variância.

^{NS}: não significativo

** : significativo ($P < 0,005$)

De acordo com o resumo da análise de variância, verifica-se que somente houve efeito significativo para porcentagem de enraizamento (PEE) das técnicas utilizadas na caramboleira. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas para as porcentagens de sobrevivência, formação de calos e número de raízes por estaca entre as diferentes técnicas estudadas.

Esperava-se que a técnica utilizada de estiolamento das estacas promovesse maior enraizamento, pois, segundo Hartmann et al. (2002), as estacas estioladas têm maior capacidade de formar raízes e contêm maior teor de auxina quando comparadas às estacas não estioladas. Entretanto, essas técnicas apresentaram resultados significativamente inferiores às estacas sem tratamento. Além do estiolamento dos ramos, outra técnica que pode favorecer a formação de raízes é o ferimento, incisão ou

lesão feita na base das estacas. De acordo com Biasi et al. (2000), a atividade celular na área lesionada é estimulada pelo aumento da taxa respiratória, elevação nos teores de auxinas, carboidratos e etileno, resultando na formação de raízes nas margens da lesão. O ferimento na base das estacas mostrou-se benéfico para o enraizamento de diversas espécies lenhosas, por estimular a divisão celular e a formação de calos. Os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram que o ferimento na base da estaca também prejudicou a formação de raízes (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias das porcentagens de estacas enraizadas (PEE), estacas vivas (PEV), formação de calo (PFC) e número médio de raízes por estaca (NREE) de caramboleira, em função das diferentes técnicas utilizadas. ESALQ/USP, Piracicaba - SP, 2005

Técnicas Utilizadas	PEE (%)*	PEV (%)	PFC (%)	NREE
Lenhosa	20,83 a	45,00 a	40,83 a	7,02 a
Lenhosa Estiolada	4,17 b	25,83 a	19,17 a	2,28 a
Lenhosa com Ferimento	12,50 b	29,17 a	31,67 a	4,23 a
cv (%)	49,22	43,50	42,62	44,78

*As médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Esses resultados contrastam também com os observados por Tofanelli et al. (2005), que em estudos com estacas de pessegueiro, observaram que o maior enraizamento (82%) foi obtido nas estacas onde se efetuou o ferimento. Boliani (1986), em estudos com estacas de nespereira, concluiu que o estiolamento basal não influenciou no enraizamento. Entretanto, os resultados dessa pesquisa foram semelhantes aos obtidos por Rajan e Ram (1983), que estudando o efeito do número de incisões juntamente com AIB no enraizamento de estacas de mangueira, concluíram que quanto mais incisões na estaca, menor o número de raízes e a porcentagem de enraizamento das mesmas.

Não houve diferença significativa da utilização de AIB nas características avaliadas nesse trabalho. Embora as auxinas sejam reguladores de crescimento que induzem a formação de raízes em estacas e, freqüentemente consideradas como limitantes do enraizamento, elas podem apresentar pouco ou nenhum efeito em espécies de difícil enraizamento (Wilson, 1994). Porém, os resultados observados nesse trabalho foram discordantes de Bastos (2002) que em estudos com estacas de caramboleira, verificou que a concentração de 5000 mg L⁻¹ de AIB foi a que promoveu

maior porcentagem de enraizamento (63,5%). Sugere-se pelo ocorrido que, o teor de auxina endógena contido nas estacas (controle) poderia ser suficiente para promover o enraizamento. Assim, com a realização do estiolamento e fermento, técnicas que podem induzir e aumentar a formação de auxinas nas estacas houve um efeito inibitório (Figura 3).

Figura 3 – Porcentagem de enraizamento das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Os trabalhos encontrados na literatura relacionados ao estudo da interação entre as técnicas utilizadas para promover o enraizamento de estacas são bastante contraditórios. Reis et al. (2000), em estudos com estacas de pereira, verificaram que a técnica de estiolamento quando aplicada isoladamente influencia no enraizamento e no comprimento das raízes, porém, quando aplicada juntamente com o regulador de crescimento não tem efeito nessas duas características, sendo os melhores resultados observados em estacas sem o estiolamento e o tratamento com o regulador. Souza et al. (1995), concluíram que os ferimentos na base da estaca juntamente com a aplicação de AIB, não foram suficientes para induzir o enraizamento das estacas de ameixeira cultivar Reubennel e Costa Junior (2000) consideraram desnecessário a utilização de AIB no enraizamento de estacas estioladas de goiabeira cultivar Rica. Similarmente, Villa et al. (2003) observaram maior porcentagem de enraizamento em estacas de amoreira-preta cultivar Brazos, quando não se utilizou o AIB (62,38%). Por outro lado, Souza et al. (1995) obtiveram 81,7% de enraizamento em estacas de ameixeira cultivar Frontier quando estas foram lesionadas na base e 54,5% nas estacas sem lesão.

Para a porcentagem de estacas vivas, formação de calos e número de raízes por estaca observa-se que não houve diferença significativa da técnica utilizada e da aplicação de ácido indolbutírico (Tabela 2). Verifica-se que, mesmo sem haver efeito significativo da técnica utilizada e das concentrações de AIB, maiores índices de estacas vivas (45,00%), formação de calos (40,83%) e do número de raízes por estaca (7,02) foram observados nas estacas lenhosas (testemunhas). Esses resultados foram discordantes aos obtidos por Nachtigal (1999), em estacas de pessegueiro, que concluiu haver relação positiva entre a porcentagem de sobrevivência e de enraizamento.

Dessa forma, concluiu-se que não houve efeito significativo da utilização do regulador de crescimento e que as técnicas de estiolamento e ferimento prejudicaram significativamente o enraizamento de estacas.

2.8.2 Experimento II: Enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira utilizando ácido indolbutírico, estiolamento de ramos e ferimento na base

Observa-se pelo resumo da análise de variância (Tabela 3), que houve efeito significativo das técnicas utilizadas, em todas as características avaliadas. Entretanto, a utilização de diferentes concentrações de AIB e a interação entre esses dois fatores não foi significativa.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância da porcentagem de estacas enraizadas (PEE), porcentagem de estacas vivas (PEV), porcentagem de formação de calos (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE), em função da aplicação de diferentes técnicas e concentrações de AIB. ESALQ/USP, Piracicaba -SP, 2005

F					
Causas de Variação	GL	PEE	PEV	PFC	NREE
Técnicas Utilizadas (A)	2	0,0000*	0,0001*	0,0001*	0,0000*
Concentrações de AIB (B)	3	0,2815 ^{ns}	0,4674 ^{ns}	0,2028 ^{ns}	0,5282 ^{ns}
A X B	6	0,3473 ^{ns}	0,1936 ^{ns}	0,8340 ^{ns}	0,2044 ^{ns}
Resíduo	24	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-

* Teste F da análise de variância.

^{ns}: não significativo

*: significativo ($P < 0,005$)

Os resultados obtidos com as estacas herbáceas foram semelhantes aos observados nas estacas lenhosas. As técnicas de estiolamento e fermento na base das estacas também foram prejudiciais ao enraizamento (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias das porcentagens de estacas enraizadas (PEE), estacas vivas (PEV), formação de calo (PFC) e número médio de raízes emitidas por estaca (NREE) de caramboleira, em função das diferentes técnicas utilizadas. ESALQ/USP, Piracicaba - SP, 2005

Técnicas Utilizadas	PEE (%)*	PEV (%)	PFC (%)	NREE
Herbácea	52,50 a	62,50 a	66,67 a	13,90 a
Herbácea Estiolada	5,00 b	19,17 b	18,33 b	3,00 b
Herbácea com Ferimento	10,83 b	24,17 b	32,50 b	4,78 b
cv (%)	37,26	34,46	32,74	32,81

*As médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que as estacas herbáceas sem tratamento (testemunhas) foram superiores às demais em sobrevivência, formação de calos e número de raízes, o que não ocorreu nas estacas lenhosas.

O percentual de enraizamento pode variar com as técnicas de indução utilizadas nas estacas. Geralmente, estacas estioladas apresentam maior capacidade de enraizamento e maior teor de auxina e cofatores de enraizamento do que as estacas não estioladas. Nas estacas com fermento, ocorre aumento da taxa respiratória, elevação nos teores de auxinas, carboidratos e etileno, resultando na formação de raízes nas margens da lesão (HARTMANN et al., 2002). A realização da lesão nas estacas pode promover a formação de raízes em espécies que apresentam algum tipo de barreira mecânica à emissão de raízes, especialmente as estacas que apresentam tecidos mais lignificados na sua base (Fachinello et al., 1995). Em contraste, no caso da caramboleira, a aplicação dessas técnicas não favoreceu a formação de raízes, provavelmente podem ter propiciado um aumento excessivo no teor de auxinas endógenas, inibindo a emissão de raízes. Resultados semelhantes foram observados por Roberto e Paiolo (2002) onde a técnica de lesão na base da estaca não teve influência estatística significativa na porcentagem de enraizamento de estacas de aceroleira. Hansen e Potter (1997), trabalhando com estacas de macieira, verificaram que os melhores resultados para enraizamento foram obtidos em estacas não estioladas

(testemunhas). De acordo com esses autores, os resultados obtidos neste estudo deixam claro que fatores não definidos aumentaram a facilidade de enraizamento das testemunhas dessas espécies. Conforme mencionado por Maynard e Bassuk (1996), dentre esses fatores incluem-se as condições fisiológicas da planta matriz, a maturidade do material utilizado, além da época do ano em que foram coletadas as estacas.

Em relação à porcentagem de estacas vivas, observa-se que houve diferença estatística significativa de acordo com a técnica utilizada. Maiores porcentagens de sobrevivência foram observadas em estacas herbáceas sem tratamento (62,50%) do que nas estacas herbáceas estioladas (19,17%) e herbáceas com ferimento (24,17%) (Figura 4). De acordo com esses resultados, pode-se observar a relação positiva entre o maior potencial de enraizamento e de sobrevivência, fato semelhante ao observado por Nachtigal (1999), em estacas de pessegueiro, que concluiu haver relação positiva entre a porcentagem de sobrevivência e de enraizamento, principalmente na utilização de estacas herbáceas.

Figura 4 – Porcentagem de enraizamento e sobrevivência das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Para a porcentagem de formação de calos, observa-se a influência da técnica utilizada (Figura 5). As estacas herbáceas sem tratamento (66,67%) se mostraram mais eficientes na formação de calos do que as estioladas (18,33%) e com ferimento (32,50%), independente do tratamento com AIB.

Verifica-se ainda resultado semelhante para o número de raízes emitidas por estaca (Figura 5), onde estacas herbáceas sem tratamento (13,90) foram superiores na

emissão de raízes, em relação às estacas estioladas e com ferimento. Esses resultados mostram que o tratamento que obteve maior porcentagem de enraizamento também foi o que favoreceu ao maior de raízes emitidas por estaca, demonstrando haver uma relação positiva entre essas duas características analisadas. De maneira semelhante, Pio et al. (2005) em oliveira, observaram haver essa relação entre a porcentagem de enraizamento e o número de raízes por estaca. Bastos e Scarpare Filho (2003), trabalhando com estacas herbáceas de caramboleira, observaram que as estacas sem estiolamento e sem tratamento com AIB apresentaram melhores resultados de enraizamento e comprimento das raízes.

Figura 5 – Porcentagem de formação de calos e número médio de raízes das diferentes técnicas utilizadas na caramboleira. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

A aplicação exógena de AIB em diferentes concentrações na base das estacas não promoveu maior enraizamento como era esperado. Resultados similares aos observados foram verificados por Casagrande Junior et al. (2001), que testando o efeito do estiolamento de ramos e de AIB em estacas de jabuticabeira, verificaram que não houve influência significativa desses tratamentos. Corroborando esses resultados, Figueiredo et al. (1995), consideraram desnecessária a utilização de AIB no enraizamento de estacas estioladas de goiabeira serrana. Bastos et al. (2005a) estudando diferentes tipos de estacas e cultivares de caqui, observaram melhores resultados de enraizamento em estacas herbáceas, sem a aplicação de AIB (13,17%). Por outro lado, resultados contrastantes foram obtidos por Tofanelli et al. (2005)

verificando que as incisões na base das estacas foram eficientes para aumentar o enraizamento das estacas semilenhosas do pessegueiro 'Okinawa'.

Teoricamente, as auxinas desempenham um papel importante na formação de raízes adventícias em estacas caulinares, quando aplicadas em concentrações mais elevadas. Porém, isso se aplica em determinadas espécies, como observado em estacas de pessegueiro (Dutra et al., 1998) e de ameixeira (Dutra et al., 2002). Por outro lado, elevadas concentrações de AIB quando aplicadas em estacas de caramboleira (Bastos et al., 2004), podem causar fitotoxicidade e inibir a formação de raízes. Da mesma forma que o observado no experimento I, concluiu-se que não houve efeito significativo da utilização do regulador de crescimento e que as técnicas de estiolamento e fermento prejudicaram significativamente o enraizamento de estacas.

2.8.3 Experimento III: Caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias em estacas de caramboleira

Na Figura 6, observa-se a representação dos tipos de estacas utilizadas para o estudo anatômico e histológico.

Figura 6 – A: Representação dos três tipos de estacas utilizadas para o estudo anatômico e histológico. B: Estaca herbácea. C: Estaca semilenhosa. D: Estaca lenhosa. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Nas Figuras 7, 8 e 9 estão representadas as principais características anatômicas e histológicas dos cortes realizados nas estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas, respectivamente. Podem-se observar algumas diferenças entre os tecidos que compõem as estacas herbáceas e semilenhosas em relação aos tecidos presentes nas estacas lenhosas.

Nos cortes realizados nas estacas herbáceas (Figura 7) e semilenhosas (Figura 8), verifica-se a presença da epiderme (Ep) como tecido de revestimento e proteção. O córtex é formado por células parênquimáticas isodiamétricas, com paredes finas, que têm como função revestimento e em alguns casos o acúmulo de reservas para as células. As fibras do floema primário (Ff) podem ser notadas, como células com paredes mais espessas, situadas logo abaixo do parênquima cortical (Pq). Essa bainha contínua de fibras pode dificultar a passagem de primórdios radiculares, entretanto, na literatura não se têm relatos sobre tal fato em estacas de caramboleira. O sucesso do enraizamento de estacas semilenhosas se deve à tendência destas estacas de enraizar com mais facilidade, pois apresentam tecidos mais tenros, não havendo conseqüentemente, a presença de um anel de esclerênquima altamente lignificado, que dificultaria a emissão dos primórdios radiculares (FACHINELLO et al. 1995).

Figura 7 – Detalhe do corte histológico feito na estaca herbácea. Ep= epiderme; Pq= parênquima cortical; Ff= Fibras do floema primário; Fl= Floema primário; Cv= Câmbio vascular; Xl= Xilema primário (metaxilema); Px= Protoxilema; Md= medula. Barra= 50 μ m. EALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Esta barreira, apesar de não ser o único fator que poderia impedir o enraizamento (SACHS et al., 1964; HARTMANN et al., 2002), pode se somar às barreiras químicas que porventura estejam interferindo na capacidade de enraizamento das estacas.

Figura 8 - Detalhe do corte histológico feito na estaca semilenhosa. Ep= epiderme; Pq= parênquima cortical; Ff= Fibras do floema primário; Fl= Floema primário; Cv= Câmbio vascular; XI= Xilema primário; Px= Protoxilema; Md= Medula; Barra= 50 μ m. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Há a presença de feixes vasculares, formados por células do floema primário (Fl) e xilema primário (XI), e entre elas a formação do câmbio vascular (Cv), que é um meristema primário. No centro do corte, observa-se a presença da medula (Md), característica do caule de dicotiledôneas, formada por células parenquimáticas. Nestes dois tipos de estacas analisadas, verifica-se que não houve ainda o crescimento secundário dos tecidos. Entretanto, no corte realizado na estaca lenhosa (Figura 6), pode-se observar o crescimento secundário, devido à presença de floema (Fs) e xilema secundários (Xs) e a formação da periderme (Pe), camada de revestimento superficial do órgão. Observa-se também a formação de uma bainha de fibras do floema (Ff) ao redor dos feixes vasculares. Essas células possuem paredes mais espessas, lignificadas, formando um anel em volta do xilema e floema primários. O grau de esclerificação do floema primário exerce influência direta na capacidade de

enraizamento de várias espécies, sendo que o aumento do teor de lignina nos tecidos pode criar barreiras mecânicas, ou mesmo fisiológicas ao enraizamento (DAVIES JUNIOR; HARTMANN, 1988). Essa teoria provavelmente pode explicar o fato das estacas lenhosas, geralmente mais lignificadas, apresentarem uma menor capacidade de enraizamento e de formação de raízes.

Figura 9 - Detalhe do corte histológico feito na estaca lenhosa. Pe= periderme; Pq= parênquima cortical; Ff= Fibras do floema primário; Fl= Floema primário; Cv= Câmbio vascular; XI= Xilema primário; Fs= Floema secundário; Xs= Xilema secundário. Barra= 50 µm. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Alguns autores, entre eles Beakbane (1961) relacionam a baixa capacidade de enraizamento de estacas de algumas espécies com formação de anéis de esclerênquima delimitando externamente os feixes vasculares; outros têm demonstrado que as diferenças bioquímicas nas células meristemáticas do ramo em vários estádios de desenvolvimento são mais importantes que as características anatômicas (HARTMANN et al., 2002).

Davies Junior et al. (1982) e White e Lovell (1984) consideram que as grandes diferenças encontradas na capacidade dos tecidos situados por dentro do anel esclerenquimático na formação de primórdios radiculares parece ser mais importante do que a restrição mecânica à emergência das raízes.

De acordo com os resultados mostrados, tem-se uma noção básica dos principais tecidos que compõem os diferentes tipos de estacas utilizadas: herbácea, semilenhosa e lenhosa, que servirão como base para estudos relacionados à formação de raízes e no enraizamento de estacas de caramboleira.

Efeito do Ácido Indolbutírico (AIB)

Pode-se observar na Figura 10 o efeito do ácido indolbutírico nos eventos anatômicos e histológicos dos tipos de estacas analisados.

Figura 10 – Descrição anatômica dos principais eventos ocorridos nos diferentes tipos de estacas utilizadas. A: Detalhe da estaca herbácea após 50 dias do tratamento com AIB com início da formação do primórdio radicular. B: Detalhe da estaca lenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando o desenvolvimento e a formação de uma massa de células desorganizadas (calos). C: Corte de estaca herbácea após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex, adjacente ao raio vascular o qual penetram a bainha de fibras do floema. Barra= 50 μ m. D: Corte de estaca herbácea após 50 dias do tratamento com AIB, mostrando o desenvolvimento e a formação endógena do primórdio de raiz a partir do câmbio vascular (procâmbio). Barra= 50 μ m. E: Corte de estaca semilenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex. Barra= 150 μ m. F: Detalhe do corte de estaca

semilenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex, adjacente ao raio vascular o qual penetram a bainha de fibras do floema. Barra= 50 μ m. G: Corte de estaca lenhosa sem o tratamento com AIB, após 40 dias, mostrando alterações nas células, principalmente nas células do câmbio vascular, decorrentes da capacidade das mesmas em diferenciar-se e desdiferenciar-se. Barra= 150 μ m. H: Corte de estaca lenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando o desenvolvimento e a formação de uma massa de células desorganizadas no córtex (calos), com o rompimento da periderme e penetração na bainha de fibras do floema. Barra= 50 μ m. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Figura 10 – Descrição anatômica dos principais eventos ocorridos nos diferentes tipos de estacas utilizadas. A: Detalhe da estaca herbácea após 50 dias do tratamento com AIB com início da formação do primórdio radicular. B: Detalhe da estaca lenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando o desenvolvimento e a formação de uma massa de células desorganizadas (calos). C: Corte de estaca herbácea após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex, adjacente ao raio vascular o qual penetram a bainha de fibras do floema. Barra= 50 μ m. D: Corte de estaca herbácea após 50 dias do tratamento com AIB, mostrando o desenvolvimento e a formação endógena do primórdio de raiz a partir do câmbio vascular (procâmbio). Barra= 50 μ m. E: Corte de estaca semilenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex. Barra= 150 μ m. F: Detalhe do corte de estaca semilenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex, adjacente ao raio vascular o qual penetram a bainha de fibras do floema. Barra= 50 μ m. G: Corte de estaca lenhosa sem o tratamento com AIB, após 40

dias, mostrando alterações nas células, principalmente nas células do câmbio vascular, decorrentes da capacidade das mesmas em diferenciar-se e dediferenciar-se. Barra= 150 µm. H: Corte de estaca lenhosa após 40 dias do tratamento com AIB mostrando o desenvolvimento e a formação de uma massa de células desorganizadas no córtex (calos), com o rompimento da periderme e penetração na bainha de fibras do floema. Barra= 50 µm. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2005

Observa-se (Figura 10C) nas estacas herbáceas que após 40 dias do tratamento com AIB, ocorreu a formação de células parenquimáticas desorganizadas ou a proliferação de calos no córtex, em direção a bainha de fibras do floema. Ainda nas estacas herbáceas, após 50 dias do tratamento com AIB, ocorreu o desenvolvimento e a formação endógena de primórdios de raízes a partir do câmbio vascular (Pró-câmbio) (Figuras 10 A,C). Teoricamente tal fato pode estar relacionado com a capacidade das células do câmbio vascular dediferenciar-se, tornando-se meristemáticas. Dessa forma com as sucessivas divisões celulares, ocorre a formação de primórdio de raiz com origem endógena em direção à superfície da estaca (periderme).

Resultados similares foram obtidos por Lopes (1995) em estacas de mangueira onde, embora houvesse a formação de um tecido meristemático nas estacas que receberam tratamentos mecânicos, as raízes adventícias sempre surgiam nas proximidades do câmbio vascular e não nestes meristemas neo-formados. Também Pratt (1974) relata que as raízes adventícias em videira originam-se no câmbio interfascicular ou nas suas proximidades, em ambas as regiões de nós e entre nós. Segundo o autor, não há formação de iniciais radiculares, nem o desenvolvimento de raízes diretamente do calo.

Por outro lado, nas estacas não tratadas com AIB não foi observada a iniciação de primórdio de raiz. Entretanto, esse fato não pode ser analisado isoladamente, visto que fisiologicamente, em condições semelhantes, estacas herbáceas de caramboleira sem o tratamento com AIB apresentaram melhores resultados de enraizamento e formação de raízes do que as mesmas estacas tratadas com AIB (BASTOS; SCARPARE FILHO, 2003). Analisando-se tais eventos do ponto de vista histológico e anatômico pode-se verificar que houve uma proliferação de células parenquimáticas desorganizadas ou calos, mas não ocorreu a formação de raízes. Tal fato pode sugerir que a formação das raízes em estacas de caramboleira é independente da formação de

calos, ou seja, a presença de calos não é precursora da iniciação de raízes. Ambos são eventos que ocorrem independentes um do outro. Segundo Hartmann et al. (2002), a formação de calos e de raízes são processos independentes na maioria das plantas, sendo que a ocorrência simultânea é devido à dependência de condições internas e ambientais semelhantes. Entretanto, em algumas plantas, a formação de calo pode ser precursora da formação de raízes adventícias.

Hilaire et al. (1996) em estudos anatômicos de estacas de *Mussaenda eythrophylla* 'Rosea', tratadas e não tratadas com AIB, verificaram que o tratamento com o regulador estimulou a iniciação de raízes. Segundo esses autores, a atividade meristemática nas células parenquimáticas do floema precede a formação de raízes adventícias; essas células, adjacentes ao câmbio vascular, dividem-se e formam raízes adventícias. Esses resultados indicam que as células parenquimáticas do floema em 'Rosea' são capazes de desdiferenciar-se e tornar-se meristemáticas. As estacas sem o tratamento com AIB são difíceis para formar raízes porque poucos primórdios são formados. Esses autores concluíram que os eventos anatômicos são responsáveis pela dificuldade de enraizamento das estacas não tratadas de 'Rosea' e que a produção total de raízes está intimamente ligada ao número de primórdio de raiz.

Fabbri et al. (1996) estudaram a formação de raízes adventícias em brotações de um ano de idade de *Opuntia ficus indica*. Esses autores observaram que as raízes iniciais são formadas em vários tecidos, mas muitos primórdios originam-se das células do floema, localizadas perto ou abaixo das aréolas, enquanto o câmbio permanece dormente. O estímulo para a desdiferenciação e multiplicação pode ocorrer muito cedo, dentro das primeiras 48 horas; a emergência do primórdio pode levar no mínimo duas semanas. O primórdio nunca penetra a aréola, mas preferencialmente move-se ao redor dela e então caminha paralelo a cavidade areolar, para emergir através dos tecidos da brotação, adjacentes a cavidade.

Davies Junior et al., (1982) estabeleceram que o ácido indolbutírico (AIB) afeta o desenvolvimento de raízes, mas não muda a origem dos primórdios radiculares em *Ficus pumila* L.

Com relação às estacas semilenhosas e lenhosas, não houve formação de primórdios de raízes em nenhum dos tratamentos aplicados (0 e 3000 mg.L⁻¹ de AIB)

durante o período de realização do estudo (70 dias). Pode-se verificar que nas estacas semilenhosas, após 40 dias do tratamento com AIB houve a proliferação e a formação de calos no córtex (Figura 10E). Ainda na estaca semilenhosa (Figura 10F), detalhe do corte após 40 dias do tratamento com AIB mostrando a proliferação e a formação de calos no córtex, adjacente ao raio vascular o qual penetram a bainha de fibras do floema. Alguns autores, entre eles Beakbane (1961) relacionam a baixa capacidade de enraizamento de estacas de algumas espécies com formação de anéis de esclerênquima delimitando externamente os feixes vasculares; outros têm demonstrado que as diferenças bioquímicas nas células meristemáticas do ramo em vários estádios de desenvolvimento são mais importantes que as características anatômicas (HARTMANN et al., 2002).

Nas estacas lenhosas sem o tratamento com AIB (Figura 10G), após 40 dias, pode-se observar alterações nas células, principalmente nas do câmbio vascular, decorrentes da capacidade das mesmas em desdiferenciar-se e tornar-se meristemáticas. Verifica-se um pequeno grupo de células em início de divisão, indicando que poderá haver a formação de calos no córtex. Nas estacas lenhosas após 40 dias do tratamento com AIB (Figuras 10B,H), observa-se o desenvolvimento e a formação de uma massa de células desorganizadas no córtex (calos), com o rompimento da periderme e penetrando na bainha de fibras do floema. Não houve formação de primórdios de raízes nesse tipo de estaca (lenhosa), mesmo com a formação de calos, dentro do período observado. Isso pode indicar que a formação de calos e de raízes ocorre independentemente um do outro. Entretanto, Schwarz et al. (1999), concluíram que a proliferação de vasos do câmbio, e o desenvolvimento de calos no córtex precedem a iniciação de raízes em *Acácia baileyana*, e pode ser pré-requisito necessário para a formação da raiz.

Dessa forma, as observações feitas nas estacas lenhosas não sugerem que as mesmas não possam formar raízes, e sim, que elas têm uma menor capacidade de enraizamento em decorrência dos eventos anatômicos e histológicos que ocorrem nelas, por apresentarem tecidos mais lignificados (fibras do floema), que podem funcionar como barreiras mecânicas na emissão de raízes. Hartmann et al. (2002) sugerem que os anéis de esclerênquima contínuos entre floema e córtex, externos ao

local de origem das raízes adventícias, podem constituir uma barreira anatômica ao enraizamento.

Algumas espécies, como por exemplo a seringueira, são consideradas de difícil enraizamento, devido a presença de um cilindro quase contínuo de tecidos lignificados, que juntamente com as barreiras químicas dificultam o enraizamento. A utilização de técnicas de indução de enraizamento (estiolamento e estrangulamento da base das estacas) aplicadas isoladamente ou em conjunto nestas estacas pode induzir a formação de raízes. Segundo Medrado et al. (1995) o uso dessas técnicas nessa espécie promoveu alterações na atividade do câmbio vascular que produziu maior número de células parenquimáticas no floema, resultando na descontinuidade da bainha de fibras perivasculares, o que representa um indício para o favorecimento ao enraizamento das estacas.

Por outro lado, Seferoglu e Tekintas (1998) estudaram o desenvolvimento anatômico e histológico do enraizamento de estacas lenhosas de figueira. As amostras mostraram a diferenciação de células do primórdio próximo aos tecidos do câmbio. Uma vez que o anel de esclerênquima foi pressionado pelas células do raio do parênquima, o desenvolvimento da raiz não foi afetado negativamente. Após 40 dias, desenvolveu-se a formação de calos no xilema. Em adição, foram observados gemas e traços foliares, conectados à medula.

3 CONCLUSÕES

- A propagação da caramboleira por meio de estacas apresentou resultados variáveis de acordo com as condições utilizadas para o enraizamento, porém, foi possível obter índices de enraizamento superiores a 50%, utilizando-se estacas herbáceas.
- As técnicas de estiolamento dos ramos e ferimento na base das estacas prejudicaram a formação de raízes em estacas de caramboleira.
- A utilização do ácido indolbutírico (AIB) não induziu a formação de raízes adventícias nos diferentes tipos de estacas.
- Os diferentes tipos de estacas caulinares de caramboleira (herbácea, semilenhosa e lenhosa) apresentaram estruturas anatômicas e histológicas distintas.
- A formação endógena de primórdios de raízes em estacas herbáceas ocorreu a partir do câmbio vascular.

REFERÊNCIAS

- ALTMAN, A.; WAISEL, Y. Biology of root formation and development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGY OF ROOT FORMATION AND DEVELOPMENT, 2., 1996, Jerusalem. **Proceedings...** New York: Plenum, 1996. 376 p.
- ARAUJO, P.S.R. de. **Seleção da caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) relacionada às características biométricas e físico-químicas dos frutos**. 2000. 59f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1996. 332 p.
- BALLESTER-OLMOS, J. F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992. 44 p. (Hojas Divulgadoras, 11).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84p.
- BASTOS, D.C. **Efeito da época de coleta, estágio do ramo e do tratamento com IBA no enraizamento de estacas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. 2002. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.
- BASTOS, D.C.; SCARPARE FILHO, J.A. Estiolamento, ferimento e uso de IBA no enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.). In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., 2003, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p.92.
- BASTOS, D.C.; SCARPARE FILHO, J.A.; FATINANSI, J.C.; PIO, R. Estiolamento, incisão na base da estaca e uso de AIB no enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.281-284, ago. 2005a.
- BASTOS, D.C.; MARTINS, A.B.G.; SCALOPPI JUNIOR, E.J.; SARZI, I.; FATINANSI, J.C. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.284-286, ago. 2004.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P. de; ENTELMANN, F.A. Enraizamento de estacas lenhosas e herbáceas de cultivares de caqui com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.182-184, abr. 2005b.

BASTOS, D.C.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P. de; FERREIRA, E.A. Potencial de enraizamento de diferentes cultivares de caramboleira mediante a propagação por estacas. In: CONGRESSO DOS PÓS-GRADUANDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 14., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005c. 1 CD-ROM.

BEAKBANE, A.B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. **Nature**, London, v.192, n.4806, p.954-955, 1961.

BIASI, L.A.; POMMER, C.V.; PINO, P.A.G.S. Propagação de porta-enxertos de videira mediante estaquia semilenhosa. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, p. 367-376, fev.1997.

BIASI, L.A. STOLTE, R.E.; SILVA, M.F. Estaquia de ramos semilenhosos de pessegueiro e nectarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.3, p.421-425, dez. 2000.

BIASI, L.A.; CARVALHO, D.C. de; WOLF, G.D.; ZANETE, F. Potencial organogenético de tecidos caulinares e radiculares de caqui. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n.1, v.24, p.29-34, abr. 2002.

BID, N.N.; MUKHERJEE, S.K. Studies into effects of forced shoot estiolation and different media on the rootage of *Mangifera indica* L. cuttings. **Acta Horticulturae**, New Delhi, n.24, p.77-81, Mar.1972.

BOLIANI, A.C. **Efeitos do estiolamento basal, da juvenilidade e do uso de regulador vegetal no enraizamento de estacas de raízes e de ramos herbáceos de algumas espécies frutíferas.** 1986. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

CALDWELL, J.D.; COSTON, D.C.; BROCK, K.H. Rooting of semihardwood 'Hayward' kiwifruit cuttings. **HortScience**, Alexandria, v.23, n.4, p.714-717, 1988.

CARVALHO, C.M.; CUNHA, R.J.P.; RODRIGUES, J.D. Enraizamento de estacas semilenhosas de licheira utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.95-97, 2005.

CASAGRANDE JR., J.G.; DUTRA, L.F.; TONIETTO, A.; NACHTIGAL, J.C.; STRELOW, E. Efeito do estiolamento de ramos e do AIB no enraizamento de estacas herbáceas de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.1, p.24-26, jan./abr. 2001.

CASTRO, A.M.; KERSTEN, E. Influência do anelamento e estiolamento de ramos na propagação da laranjeira Valência (*Citrus sinensis* Osbeck) através de estacas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2, p.199-203, maio/ago. 1996.

COSTA JUNIOR, W.H. da **Enraizamento de estacas de goiabeiras: influência de fatores fisiológicos e mesológicos**. 2000. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

COUVILLON, G.A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticultrae**, Pisa, n.227, p.187-196, Sept.1988.

DAVIES, F.T. Jr.; HARTMANN, H.T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, Pisa, n.227, p.113-120, Sept.1988.

DAVIES, F.T. Jr.; LACERATE, J.; JOINER, J. Initiation and development of roots in juvenile and mature leaf bud cuttings of *Ficus pumila* L. **American Journal of Botany**, New York, v.69, n.5, p.804-811, May/June1982.

DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA, N. **Ed. Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dicorides Press, 1988. 315p. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

DONADIO, L.C.; SILVA, J.A.A.; ARAÚJO, P.R.S.; PRADO, R.M. **Caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 81p. (Série Frutas Potenciais)

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.296-304, maio/ago. 2002.

DUTRA, L.F.; TONETTO, A.; KERSTEN, E. Efeito da aplicação de ethefon em ameixeira (*Prunus salicina* Lindl) e do IBA no enraizamento de suas estacas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 296-304, maio/ago.1998.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2nd. ed. New York, John Wiley, 1977. 550p.

FABBRI, A.; CICALA, A.; TAMBURINO, A. Anatomy of adventitious root formation in *Opuntia ficus indica* cladodes. **Journal of Horticultural Science**, London, v.71, n.2, p.235-242, Apr./June1996.

FACHINELLO, J.C.; KERSTEN, E.; MACHADO, A.A. Efeito do ácido indol butírico no enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro cv. Diamante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.247-252, 1982.

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

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, New York, v.55, n.1, p.123-142, Jan.1968.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, S.L.B.; KERSTEN, E.; SCHUCH, M.W. Efeito do estiolamento parcial e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana*, Berg). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.167-171, jan./abr.1995.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477 p.

HACKETT, W.P. Phase change and intra-clonal variability. **HortScience**, Alexandria, v.18, n.6, p.840-844, Nov.1983.

HAISSIG, B.E.; RIEMENSCHNEIDER, E.D. Genetic effects on adventitious rooting. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKLHA, N. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Discorides Press, 1988. p.47-60.

HANSEN, O.B.; POTTER, J.R. Rooting of apple, Rhododendron, and Mountain Laurel cuttings from stock plants etiolated under two temperatures. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.2, p.304-306, Mar.1997.

HARRISON-MURRAY, R.S. Etiolation of stock plants for improved rooting of cuttings I oportumes suggested by work with apple. **Proceedings International Plant Propagation Society**, Ohio, v.31, p.386-392, 1982.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HERMANN, D.E.; HESS, C.E.; The effect of etiolation upon the rooting of cuttings. **Proceedings International Plant Propagation Society**, Ohio, v.13, p.42-62, 1963.

HILARE, R.S.; BERWART, C.A.F.; PEREZ-MUNOZ, C.A. Adventitious Root Formation and development in Cuttings of *Mussaenda erythrophylla* L. Schum. & Thonn. **HortScience**, Alexandria, v.31, n.6, p.1023-1025, Nov.1996.

HINOJOSA, G.F. Auxinas. In: CID, L.P.B. **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p.15-54.

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; ROSSAL, P.A.L.; CASTRO, A.M.; FACHINELLO, J.C.; PAULETO, E.A. Influência do substrato sobre o enraizamento de estacas semi lenhosas de figueira e araçazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.16, n.1, p.302-307, 1994.

HOFFMANN, A.; CHALFUN, N.N.J.; ANTUNES, L.E.C.; RAMOS, J.D.; PASQUAL, M.; SILVA, C.R. de **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA; FAEPE, 1996. 319 p.

HOWARD, B.H.; HARRISON-MURRAY, R.S. Response of Dark-preconditioned and normal light-grown cuttings of *Syringa vulgaris* 'Madame Lemoine' to light and wetness gradients in to propagation environment. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v.70, n.6, p.989-1001, Nov.1995.

HOWARD, B.H.; HARRISON-MURRAY, R.S.; MALKENZIE, K.A.D. Rooting responses to wounding winter cutting of "M-26" apple rootstock. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v. 59, n. 2, p. 131-139, Mar.1984.

LOACH, K. Water relations and adventitious rooting. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA, H. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Discorides Press. 1988. p.102-115.

LOPES, M.C. **Propagação vegetativa da mangueira (*Mangifera indica* L.) por estaquia**. 1995. 59 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MAYER, N.A. **Propagação assexuada do porta-enxerto umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) por estacas herbáceas**. 2001. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2001.

MAYNARD, B.K.; BASSUK, N.L. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA, H. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Discorides Press. 1988. p.29-46.

MAYNARD, B.K.; BASSUK, N.L. Effects of stock plant etiolation, shading, banding, and shoot development on histology and cutting propagation of *Carpinus betulus* L. *fastigiata*. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Madison, v.121, n.5, p.853-860, 1996.

MEDRADO, M.S.J. **Fatores relacionados ao processo de propagação da seringueira (*Hevea spp.*) em Piracicaba, SP.** 1992. 178 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

MEDRADO, M.J.S.; APPEZATO DA GLÓRIA, B.; COSTA, J.D. Alterações anatômicas em estacas de seringueira (*Hevea brasiliensis* clone RRIM 600) em resposta a diferentes técnicas de indução de enraizamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.89-95, jan./abr. 1995.

MOHAMMED, S.; SORHAINDO, C.A. Production and rooting of etiolation cuttings of West Indian and hybrid avocado. **Tropical Agriculture**, Guildford, v.61, n.3, p.200-204, 1984.

MURATA, I.M.; BARBOSA, W.; NEVES, C.S.V.J.; FRANCO, J.A.M. Enraizamento de estacas lenhosas de porta-enxertos de pereira sob nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.583-585, ago. 2002.

NACHTIGAL, J.C. **Obtenção de porta-enxertos 'Okinawa' e de mudas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) utilizando métodos de propagação vegetativa.** 1999. 165 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Júlio de Mesquita Filho", Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

NACHTIGAL, J.C.; PEREIRA, F.M. Propagação do pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivar Okinawa por meio de estacas herbáceas em câmara de nebulização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.208-212, ago. 2000.

NACHTIGAL, J.C.; PEREIRA, F.M.; DALL'ORTO, F.A.C.; OJIMA, M.; MARTINS, F.P. Propagação vegetativa do umezeiro (*Prunus mume*) por meio de estacas herbáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.226-228, ago.1999.

NAKASONE, H.Y.; PAULL, R.E. **Tropical fruits crop production science in horticulture.** New York: Cab International, 1998. 445p.

NEGASH, L. Vegetative propagation of the threatened African wild olive [*Olea europaea* L. subsp *cuspidata* (Wall. ex DC.) Cifffieri]. **New Forests**, Dordrecht, v. 26, n.2, p.137-146, Sept. 2003.

NORBERTO, P.M.; CHALFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R.D.; PEREIRA, G.E.; MOTA, J.H. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.533-541, maio/jun.2001.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares.** Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N.N.J.; RAMOS, J.D.; VALE, M.R. do; SILVA, C.R.R. **Fruticultura comercial**: propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA; FAEPE, 2001. 137 p.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Controle hormonal do desenvolvimento de raízes. **Universa**, São Paulo, n.8, p.181-195, 2000.

PIO, R.; BASTOS, D.C.; BERTI, A.J.; SCARPARE FILHO, J.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; ENTELMANN, F.A.; ALVES, A.S.R.; BETTIOL NETO, J.E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europae* L.) utilizando-se ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.562-567, maio/jun. 2005.

PRATT, C. Vegetative anatomy of cultivated grapes - a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.25, p.131-150, Sept.1974.

RAJAN, S.; RAM, S. Some factors effecting root regeneration in mango cuttings in mist and hot bed. **Progressive Horticulture**, Nainital, v.15, n.1/2, p.11-16, 1983.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2001. 906p.

REIS, J.M.R.; CHALFUN, N.N.J.; LIMA, L.C.O.; LIMA, L.C. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta enxerto *Pyrus calleryana* Dene. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 931-938, jul./ago.2000.

ROBERTO, S.R.; PAIOLO, P.A.C. Avaliação de técnicas para a multiplicação de estacas semilenhosas de aceroleira 'Dominga' (*Malpighia emarginata* D.C.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.23, n.2, p.165-172, jul./dez. 2002.

RODRIGUES, J.E.; LUCHESI, A.A. Propagação vegetativa do guaranizeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) através de estacas induzidas (capeadas) e com ácido indolbutírico. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 44, n. 1, p. 1-20, 1987.

RODRIGUEZ, A.P.M.; WETZSTEIN, H.Y. A morphological and histological comparison of the initiation and development of pecan (*Carya illinoensis*) somatic embryogenic cultures induced with naphthaleneacetic acid or 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Protoplasma**, Wien, v.204, p.71-83, 1998.

ROSA, M.F.; SANTOS, F.J.S.; MONTENEGRO, A.A.T.; ABREU, F.A.P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F.B.S.; NORÕES, E.R.V. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. **Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical**, n.54, p.1-6, maio 2001.

SACHS, R.M.; LORETI, F.; DE BIE, J. Plant rooting studies indicate sclerenchyma tissue is not restricting factor. **California Agriculture**, Davis, v.18, n.9, p.4-5, 1964.

SALVADOR, E.D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais**. 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SAMPAIO, V.R. Enraizamento de estacas de laranja Pêra (*Citrus sinensis* Osbeck L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10., 1989, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1989. v.1, p. 22-23.

SAUCO, V.S.; MENINI, U.G.; TINDALL, H.D. **Carambola cultivation**. Rome: FAO, 1993. 74 p.

SCALABRELLI, G.; COUVILLON, G.A. Factors affecting rooting and survival of peach hardwood cuttings treated with IBA. **Acta Horticulturae**, Pisa, n.227, p.275-377, Sept. 1988.

SCHWARZ, J.L.; GLOCKE, P.L.; SEDCLEY, M. Adventitious root formation in *Acacia baileyana* F. Muell. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.74, n.5, p.561-565, Jan./Feb.1999.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, Sept. 1974.

SEBASTIANI, L.; TOGNETTI, R. Growing season and hydrogen peroxide effects on root induction and development in *Olea europaea* L. (cvs 'Frantoio' and 'Gentile di Larino') cuttings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.100, n.1-4, p.75-82, Mar. 2004.

SEFEROGLU, G.; TEKINTAS, F.E. Anatomical and histological development of rooting on the fig hardwood cuttings. **Acta Horticulturae**, Izmir, v.480, p.115-117, Dec.1998.

SOUZA, C. de; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. Efeito da lesão e do ácido indolbutírico no enraizamento de duas cultivares de ameixeira (*Prunus salicina*, Lindl) através de estaca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 171-174, set./dez.1995.

TOFANELLI, M.B.D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro tratadas com ácido indol-butírico em diferentes concentrações e métodos de aplicação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.159-160, 2002.

TOFANELLI, M.B.D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. 2,6-Di-hidroxiacetofenona e tipo de corte basal no enraizamento de estacas semilenhosas de pessegueiro 'Okinawa'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.462-464, mar./abr. 2005.

TOFANELLI, M.B.D.; CHALFUN, N.N.J.; HOFFMANN, A.; JUNIOR CHALFUN, A. Capacidade de enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.840-847, jul./ago.2001.

TORRES, A.C.; CALDAS, L. S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP; EMBRAPA, CNPH, 1990. 433 p.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N.N.J.; GONTIJO, T.C.A.; DUTRA, L.F. Propagação de amoreira-preta utilizando-se estacas lenhosas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p. 829-834, jul./ago.2003.

VOLTOLINI, J.A.; FACHINELLO, J.C. Effect of shading cattley guava stock plant (*Psidium cattleyanum* Sabine) on propagation by cuttings. **Acta Horticulturae**, Curitiba, v.452, p.59-62, Sept.1997.

WANG, Q.; ANDERSEN, A.S. Propagation of Hibiscus rosa-sinensis: relation between stock plant cultivar, age, environment and growth regulator treatments. **Acta Horticulturae**, Skierniewice, n.251, p.289-309, May 1989.

WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura**. 5th ed. Barcelona: Editora Trillas, 1987. 624 p.

WILSON, P.J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v. 69, n. 4, p. 591-600, 1994.

WHITE, J.; LOVELL, P.H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lucida*. **Annals of Botany**, London, v.54, n.1, p.7-20, Jan.1984.

ZAMBÃO, J.C.; SAMPAIO, V.R.; BARDIN, D. Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro (*Prunus persica* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**, Piracicaba, v.39, p.1039-1045, 1982.