

Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas

Geraldo Gonçalves dos Reis

Depto. de Engenharia Florestal, UFV

Maria das Graças Ferreira Reis

Depto. de Engenharia Florestal, UFV

RESUMO: O manejo de florestas através do corte raso e regeneração por brotação das cepas apresenta a vantagem de uma elevada taxa de crescimento inicial das brotações comparada com a das plantas da primeira rotação, especialmente por estas primeiras disporem de um sistema radicular já estabelecido que contém reservas orgânicas e inorgânicas, passíveis de serem prontamente utilizadas. Essas raízes facilitam, também, a absorção de água e nutrientes. E, em razão de se ter elevada relação raiz:parte aérea, os assimilados são alocados preferencialmente para a formação da parte aérea, aumentando, assim, as diferenças na taxa de crescimento em relação a plantas da primeira rotação. Este rápido crescimento inicial das brotações pode resultar em obtenção de produção máxima mais cedo do que aquele da primeira rotação. Embora com esta vantagem aparente, tem sido registrado que muitas florestas de eucalipto, em rotações subsequentes, têm apresentado decréscimo de produtividade que nem sempre está associado à redução do número de troncos do povoamento original.

Nutrientes orgânicos e inorgânicos têm sido armazenados preferencialmente no sistema radicular de muitas plantas arbóreas. Após o corte das plantas da primeira rotação de um povoamento de eucalipto, ocorre a emissão das brotações, que passam a exibir uma relação raiz:parte aérea mais elevada do que aquela de plantas da primeira rotação. Há um decréscimo da quantidade de raízes finas (morte), ocasião em que as brotações terão de alocar uma quantidade substancial de reservas para recuperar a sua parte aérea (especialmente a sua área foliar) e as raízes (principalmente as finas), que necessariamente se integrarão na fixação de carbono, absorção de água e nutrientes e na produção de reguladores de crescimento, altamente demandados e, responsáveis pela rápida retomada de crescimento da brotação. Também, por esta ocasião, os brotos passam a depender mais diretamente do solo e, desde que mantidas ou restabelecidas as condições ambientais necessárias para o crescimento das brotações, principalmente através da redução na perturbação das propriedades físicas do solo e das cepas vivas, ocorridas durante a colheita da floresta, reposição dos nutrientes removidos até a primeira rotação e manutenção de um elevado status hídrico no solo, não há razão de se observar redução na produtividade das florestas de eucalipto, em suas rotações subsequentes.



A planta retira água do solo quando o potencial hídrico de suas raízes é mais negativo do que aquele da solução do solo e, a taxa de absorção de água pela brotação aumenta, quanto maior for a superfície de absorção do sistema radicular. Na avaliação do status hídrico das brotações é importante que sejam considerados aspectos relacionados principalmente com a absorção e perda de água pela planta. A existência de um sistema radicular já desenvolvido, quando os brotos passam a depender mais diretamente do solo, é muito importante no processo de absorção de água e nutrientes. Sob condições adequadas de suprimento de água no solo, os estômatos das brotações permanecem abertos durante o dia, devendo-se esperar que, por possuir maior superfície de absorção, as brotações venham a apresentar perda de água superior ao observado em plantas da primeira rotação, de mesma idade. Por exemplo, brotações de *E. camaldulensis* apresentam condutância estomática muito mais elevada do que as mesmas plantas da primeira rotação, quando há adequada disponibilidade hídrica, em razão de apresentarem uma extensa superfície de absorção já estabelecida e possuírem um maior número de estômatos na face abaxial da folha, do que as plantas da primeira rotação. No entanto, as brotações apresentam alguma sensibilidade à deficiência hídrica, exibindo adequado controle estomático, embora o intenso processo respiratório desenvolvido em decorrência do stress hídrico promova consumo de uma porção significativa das reservas da brotação, o que pode favorecer o rápido depauperamento das cepas.

O manejo das brotações deve incluir a desobstrução da cepa e o reespaçamento do povoamento, de modo a obter a população de plantas do povoamento original, ou seja, aquela população ideal para as condições do sítio em questão, de maneira a permitir a manutenção de brotos vigorosos e estrategicamente distribuídos na cepa e no povoamento. Por outro lado, devem ser adotadas técnicas de manejo que resultem em aumento da disponibilidade de água e nutrientes e comprometimento mínimo das cepas e das propriedades físicas do solo, especialmente, evitando-se a sua compactação e danos às raízes.

INTRODUÇÃO

O manejo de florestas através do corte raso e regeneração por brotação das cepas vem sendo praticado há muitos séculos em diversas partes do mundo, para várias espécies florestais (FAO, 1981; Anderson *et al.*, 1983). No Brasil, o plantio de espécies do gênero *Eucalyptus* tem contribuído enormemente para o suprimento de madeira, especialmente para a indústria de celulose e siderurgia, sendo que, só no Estado de Minas Gerais, atinge uma área de mais de dois milhões de hectares.

A grande vantagem do manejo de florestas por talhadia é a alta taxa de crescimento inicial das brotações, comparada com a de mudas. Isto se deve à presença de um sistema radicular já estabelecido que facilita a absorção de água e nutrientes e serve como fonte armazenadora de reservas orgânicas e inorgânicas e, ao estímulo do crescimento promovido pelo desbalanço hormonal, especialmente aquele gerado devido ao corte da planta (Daniel *et al.*, 1979; Taylor *et al.*, 1982). Entretanto, tem sido notado que há um decréscimo acentuado na produtividade das florestas nas rotações subsequentes (Rezende *et al.*, 1980; Kaumi, 1983). Dentre as principais causas apresentadas para esse decréscimo in-



cluem-se a mortalidade de cepas, o esgotamento dos nutrientes e a compactação do solo e, ou, o decréscimo do vigor da cepa do sistema radicular já estabelecido.

Estudos detalhados têm sido desenvolvidos sobre o crescimento das plantas na primeira rotação, enquanto os estudos sobre as exigências ecofisiológicas e métodos de manejo das rotações subsequentes, manejadas por brotação, têm sido escassos. Para melhor entendimento dos métodos de manejo para se obter produtividade elevada nas várias rotações, é necessário que haja maior entendimento sobre os processos envolvidos na emissão e crescimento das plantas através da brotação. E, considerando que a maioria das florestas de eucalipto têm sido estabelecidas em áreas que apresentam deficiência hídrica, é importante que se entendam os mecanismos envolvidos na absorção e perda de água pela planta.

O presente trabalho visa discutir, de maneira sucinta, alguns aspectos da fisiologia da brotação, com ênfase nas relações hídricas de brotações de eucalipto, em comparação com as plantas da primeira rotação.

CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO DOS EUCALIPTOS

As espécies do gênero *Eucalyptus* possuem grande capacidade de regeneração após o desfolhamento ou corte da parte aérea. Essa habilidade se deve à presença de gemas adventícias bem como de lignotúberes ou protuberâncias (inchamentos) na base da árvore de muitas das espécies de eucalipto.

As gemas adventícias permitem uma rápida recuperação das plantas após ocorrência de fogo ou ataque de insetos, bem como após um período de seca ou geada. A copa das árvores se forma rapidamente em função da presença de gemas na base das folhas (Jacobs, 1955).

Os lignotúberes ou outras estruturas que contêm reservas alimentares e gemas, na base do tronco, são importantes na recuperação da planta após o corte da parte aérea. Os lignotúberes se desenvolvem imediatamente após a germinação, conforme é observado para *Eucalyptus citriodora*, na base dos cotilédones e dos primeiros pares de folhas, tendo sido inicialmente descritos por Kerr (1925), citado por Carrodus e Blake (1970), como órgão de armazenamento de reservas. Segundo Chattaway (1958), os lignotúberes têm a mesma constituição da madeira adjacente, sendo, porém, retorcidos, contendo elevado teor de reservas alimentares e gemas. Esse autor obteve 250 brotações, num período de 3,5 meses, em *E. hemiphloia*, através da remoção contínua dos brotos. Apesar do elevado número de brotações que surgem na cepa após o corte da árvore, apenas algumas sobrevivem.

CRESCIMENTO DAS BROTAÇÕES

A taxa de crescimento das brotações, na sua fase inicial de crescimento, é elevada em comparação com o crescimento de plantas provenientes de mudas. Zavitkovski (1982) observou que mudas de *Populus* atingiram 6,6 m de altura aos 5 anos de idade, enquanto a brotação após o primeiro corte atingiu essa altura aos 3 anos de idade. Sharma (1979) observou IMA máximo para brotações de *Eucalyptus hybrid* aos 5 e 6 anos, para dois



diferentes sítios, enquanto que na primeira rotação esse máximo foi atingido aos 8 e 11 anos, respectivamente. Essa vantagem, porém, não permanece indefinidamente, havendo redução dessa diferença com o aumento da idade. Luckhoff (1955) observou que essa vantagem em relação à altura das plantas permaneceu por um período de 10 a 13 anos, para três diferentes sítios. Esses resultados indicam que, apesar de se ter a possibilidade de obtenção da mesma produtividade ao final de cada rotação, quando a floresta é manejada por brotação, a idade de corte pode ser atingida mais cedo em razão dessa vantagem inicial de crescimento, desde que mantidas as condições ambientais necessárias para o crescimento das brotações.

Várias são as explicações para essa vantagem no crescimento inicial dos brotos. O armazenamento de reservas (orgânicas e inorgânicas) nos lignotúberos ou no sistema radicular é considerado a principal razão deste rápido crescimento inicial dos brotos. Há, também, que se considerar a existência de um sistema radicular já formado que favorece a absorção de água e nutrientes, em razão da elevada proporção de biomassa de raízes em relação à parte aérea.

a) Carboídratos

A avaliação de carboidratos tem sido realizada com o objetivo de verificar a sua correlação com o crescimento da brotação. Tew (1970) observou correlação positiva entre reservas de carboidrato e tempo para ocorrer a brotação em *Populus tremuloides*. Wenger (1953) e Schier e Zasada (1973) observaram variação estacional na quantidade de carboidratos nas raízes e sua correlação com o vigor dos brotos. É possível que a correlação positiva observada por Blake e Raitanen (1981) e Rezende *et al.* (1980) entre altura da cepa e vigor dos brotos esteja relacionada com a quantidade de reservas armazenadas na cepa. Rezende *et al.* (1980) obtiveram volume de 9,94 m³/ha utilizando cepa de 15 cm de altura e 13,31 m³/ha quando a cepa tinha 40 cm de altura, um ano depois do primeiro corte. Relação similar é observada entre diâmetro da cepa e vigor dos brotos (Pereira *et al.*, 1980, Ferreira, 1984). Apesar destas evidências, em alguns trabalhos não tem sido observada a correlação entre carboidratos e crescimento da brotação (Cremer, 1973).

b) Nutrientes

A relação entre os nutrientes armazenados no sistema radicular e o crescimento da brotação tem sido pouco estudada. Blake (1972) não encontrou relação entre a reserva de nutrientes das raízes e a brotação. Entretanto, Reis e Kimmins (1986) observaram redução significativa na quantidade de P e N nas raízes de *E. grandis*, até 2,5 meses após o corte da parte aérea de plantas crescendo em casa de vegetação. A partir desta idade, observou-se aumento na quantidade de nutrientes nas raízes, o que, também, coincidiu com o reinício do crescimento de raízes finas. Ou seja, a partir desta idade a planta, possivelmente, passou a utilizar maior quantidade de nutrientes provenientes do solo. A adubação da brotação não tem sido considerada uma prática obrigatória. Há, portanto, que se considerar que, com base nos trabalhos desenvolvidos até o presente momento, as reservas nas raízes são importantes para a manutenção do crescimento inicial, havendo,



porém, necessidade de suprimento de fertilizante para a manutenção da taxa elevada de crescimento, o que favorecerá atingir a produção máxima em idades mais jovens, implicando em maior taxa de retorno da floresta manejada por brotação.

c) *Sistema radicular*

A produção e arquitetura de raízes nas plantas durante a primeira rotação e a dinâmica de raízes após o corte da árvore é importante para se entender as relações entre o crescimento da brotação e a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular já estabelecido. A proporção de biomassa de raízes em relação à parte aérea varia com a fertilidade do solo, espaçamento, disponibilidade de água no solo, material genético, dentre outros (Bernardo, 1995; Leles, 1995; Oliveira Neto, 1996). Por exemplo, Leles (1995) verificou que *E. camaldulensis* apresentava, em média, 29% da biomassa total nas raízes, enquanto para *E. pellita* esse valor foi de 45%, sendo que esses valores são mais elevados em povoamentos mais abertos. Reis *et al.* (1988) observaram que em solos menos férteis o percentual de biomassa alocado para as raízes é bem superior ao observado em solos mais férteis, sendo que a biomassa de raízes finas foi 2,6 vezes maior em solos mais férteis. Essa alocação de biomassa para o sistema radicular implica em maior quantidade de reservas e maior absorção de água e nutrientes, especialmente quando há favorecimento para a formação de raízes finas. Reis e Kimmins (1986) analisaram a relação raiz:parte aérea de *E. grandis*, em casa de vegetação, em plantas provenientes de sementes, com 9,5 meses de idade e, em brotações, com até 4,5 meses de idade. Essa relação apresentava valores bastante elevados aos 1,5 meses de idade, época em que a brotação apresenta maior dependência das reservas. Entretanto, mesmo aos 4,5 meses de idade, quando essa dependência deveria ser reduzida, a relação raiz:parte aérea ainda era bem mais elevada do que aquela observada antes do corte das plantas na primeira rotação (Tabela 1). Isso sugere que, havendo condições adequadas de fertilidade e disponibilidade de água, as brotações poderão manter elevada taxa de crescimento.

Tabela 1

Relação raiz: parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* aos 9,5 meses de idade e, de brotos, com idade de 1,5 a 4,5 meses, em amostras de dois solos com fertilidades diferentes, em casa de vegetação

	Idade (meses)	Solo mais fértil	Solo menos fértil
(a) Mudanças	9,5	0,40	0,53
(b) Brotos	1,5	54,38	54,31
	2,5	2,33	6,55
	3,5	1,41	2,89
	4,5	0,79	1,24

Fonte: Reis e Kimmins (1986)

Segundo Sanyal (1975), 3-4 anos após a emissão da brotação ocorre a formação de nova raiz pivotante em plantas de *Shorea robusta*. Entretanto, Jacobs (1955) relata que raramente ocorre a formação de nova pivotante em eucalipto, havendo basicamente a



formação de raízes mais finas. Reis e Kimmins (1986) relataram o crescimento de novas raízes finas 2,5 meses após o corte da parte aérea de plantas de *E. grandis*. Resultados similares de crescimento de raízes finas foram observados por Reis e Reis (dados não publicados) para *E. grandis* e *E. camaldulensis*, em casa de vegetação. Lee (1979) observou aumento no crescimento vertical e horizontal de raízes de clone de *Populus* híbrido, bem como uma alta correlação entre peso seco da raiz e crescimento dos brotos.

VIGOR DAS CEPAS

As reservas orgânicas e inorgânicas do sistema radicular são importantes durante a quebra de dormência das gemas, e, posteriormente, para o crescimento inicial das brotações. Desta forma, deve-se procurar manejar o povoamento para se obter elevado vigor das cepas e, conseqüentemente, uma floresta produtiva. O potencial de emissão de brotação pelas cepas é importante para assegurar a pronta regeneração do povoamento florestal. A quebra da dormência das gemas deve acontecer imediatamente de modo a garantir a retomada de crescimento da planta decapitada.

A mortalidade das cepas ou redução do seu vigor tem ocorrido a cada rotação, o que afeta a produtividade das rotações subsequentes. Várias podem ser as causas dessa redução, incluindo-se a disponibilidade de água no solo. As raízes finas, especialmente em solos mais pobres, desenvolvem-se mais à superfície. Reis *et al.* (1985) observaram que, especialmente no sítio menos fértil, a maior parte das raízes de *E. grandis* se encontravam localizadas próximo da superfície do solo. É de se esperar que, durante o período de seca, ocorra elevada mortalidade dessas raízes em razão de se localizarem à superfície do solo. Quando a exploração do povoamento ocorre no período de seca, a morte das raízes finas pode ser mais intensa podendo reduzir o vigor das cepas. Wenger (1953) considera que a variação estacional na reserva de carboidrato total e no vigor da brotação está relacionado, também, à variação na umidade do solo, que por sua vez influencia a quantidade de carboidrato na planta. A redução no vigor da cepa pode, também, estar relacionada com a competição pelos fatores ambientais e por espaço, o que gera raiz com poucas ramificações laterais e pivotante de pequeno diâmetro, conforme observado por Gomes (1994) e Leles (1995). Ou seja, em espaçamentos mais densos haverá redução na quantidade de reservas disponíveis para a brotação. Isso explica a observação de Rezende *et al.* (1980) e de Kormanik *et al.* (1973), citados por Ribeiro (1988), que mencionam maior mortalidade de cepas em povoamentos mais adensados. Vários trabalhos têm mencionado a influência positiva do diâmetro das cepas sobre o crescimento da brotação, e, considerando que em espaçamentos mais amplos ocorre o maior crescimento em diâmetro (Bernardo, 1995; Leles, 1995; Oliveira Neto, 1996) é de se esperar maior vigor da brotação nestas condições. A idade de rotação pode afetar o vigor das cepas uma vez que em rotações curtas ocorre grande demanda pelas reservas existentes no sistema radicular em curto período. Steinbeck e Nwoboshi (1980) observaram que rotações curtas de *Platanus occidentalis* promoveram redução na biomassa de raízes, o que foi explicado como uma maior exigência de carboidratos para a produção de novos brotos.

A manutenção do vigor das cepas deve ocorrer através de uso de técnicas adequadas na primeira rotação como espaçamento, adubação e idade de rotação. Na época do



corte das árvores pode haver necessidade de tratamento hormonal conforme discutido por Ribeiro (1988). Durante a colheita da madeira, deve-se evitar danos mecânicos à cepa bem como a permanência de resíduos sobre a mesma.

RELAÇÕES HÍDRICAS

A vida evoluiu-se da água e esta permanece ainda como o meio essencial para o desenvolvimento de processos bioquímicos essenciais às funções vitais da planta e, também, indispensável à hidratação da célula. As plantas são compostas principalmente por água. Em média, o protoplasma da célula das plantas contém acima de 90% de água e a sua superfície assimilatória encontra-se em contato com a atmosfera, dependendo, portanto, de relações hídricas ajustadas, uma vez que as plantas perdem água, principalmente, quando os estômatos estão abertos. Em geral, o vacúolo das células é grande e presta-se, dentre outros, para armazenar água responsável pela sua turgescência, e a cutícula evita a perda de água, sendo que os estômatos regulam essa perda constituindo-se, portanto, em estruturas responsáveis pela economia de água nas plantas.

A planta retira água do solo quando o potencial hídrico de suas raízes é mais negativo do que aquele da solução do solo e a taxa de absorção é maior, quanto maior for a superfície de absorção do sistema radicular. O gradiente de potencial hídrico através do contínuo solo-planta-atmosfera constitui-se na força motriz para transportar a água através da planta.

A maioria dos estudos sobre brotação estão relacionados com a sua produtividade, utilizando-se observações sobre a sua sobrevivência, bem como o crescimento em diâmetro, altura e, conseqüentemente, volume. Estudos envolvendo aspectos fisiológicos têm sido negligenciados. Poucos trabalhos foram desenvolvidos para se avaliar o comportamento da brotação em relação à água, que é um elemento essencial para o seu crescimento. As plantas, de modo geral, se comportam de forma diferenciada em relação aos fatores ambientais e, esse comportamento varia com as mudanças nas técnicas de manejo. Por exemplo, trabalho desenvolvido por Gomes (1994) demonstrou que *E. pellita* possui controle estomático menos eficiente do que *E. urophylla* e *E. camaldulensis*. Lelles (1995) e Oliveira Neto (1996) verificaram que existe variação no comportamento das espécies de eucalipto em função do espaçamento e níveis de fertilização. Assim sendo, a brotação deve apresentar comportamento diferenciado quando comparado com as plantas na primeira rotação, bem como com variações nas técnicas de manejo.

Na avaliação do status hídrico das brotações é importante que sejam considerados aspectos relacionados principalmente com a absorção e perda de água.

A absorção de água pela planta depende de um sistema radicular bem formado e, especialmente, da distribuição das raízes finas no sentido horizontal e vertical. Assim sendo, o material genético bem como os métodos silviculturais adotados na primeira rotação irão interferir no status hídrico das brotações. A variabilidade na arquitetura do sistema radicular entre espécies e dentro da mesma espécie foi demonstrada por Gomes (1994), que observou raízes, de um modo geral, bem ramificadas e profundas em *E. camaldulensis*; grande variabilidade na arquitetura das raízes de *E. urophylla*, com al-



guns indivíduos apresentando raízes profundas e bem ramificadas e outros com raízes superficiais e deformadas e, raízes deformadas, superficiais e pouco ramificadas para *E. pellita*. É possível que haja diferenças entre essas espécies, na proporção de cepas com brotação bem como na sua taxa de crescimento, em razão dessas variações no sistema radicular. Estudos mais detalhados de correlação entre as características do sistema radicular na primeira rotação, com a brotação, devem ser realizados para melhor entendimento do comportamento das diferentes espécies, em condições ambientais variadas.

A existência de um sistema radicular já desenvolvido, quando os brotos passam a depender mais diretamente do solo, é muito importante no processo de absorção de água e nutrientes e, certamente, esta é uma das razões de se ter produção mais elevada na segunda rotação, desde que não existam fatores limitantes ao crescimento. Na Tabela 1, verifica-se que, aos 4,5 meses de idade, a relação raiz: parte aérea das plantas regeneradas através da brotação ainda não atingiram aquela relação existente na época em que a parte aérea das plantas de 9,5 meses, originadas de sementes, foi cortada para permitir o surgimento da brotação. Isso significa que, se todo o sistema radicular original continuar em atividade durante a segunda rotação, a capacidade de absorção de água e nutrientes será mais elevada nesse período. Considerando que, sob condições adequadas de suprimento de água, a planta permanece com os estômatos abertos durante o dia, é de se esperar que as brotações, que possuem superfície de absorção elevada, apresentem perda de água superior ao observado para as plantas provenientes de sementes, em razão de haver adequado status hídrico na planta.

Figura 1

Condutância estomática de plantas intactas (símbolos vazios) e de brotações (símbolos cheios), plenamente irrigadas, em casa de vegetação.

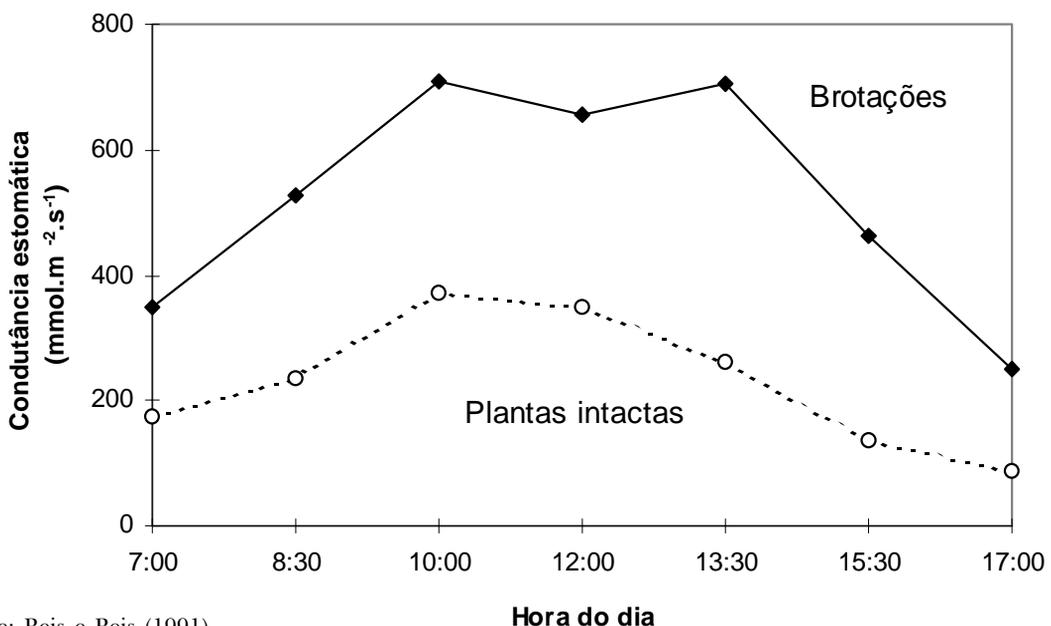




Tabela 2

Densidade estomática e comprimento das células-guarda de plantas intactas e de brotações de *E. camaldulensis*

Variáveis	Estômatos nº /mm ²	Comprimento das células-guardas(µm)
Plantas intactas		
Superfície abaxial	250,8 ^a	32,2 ^a
Superfície adaxial	237,1 ^a	30,2 ^a
Brotações		
Superfície abaxial	307,3 ^b	29,8 ^a
Superfície adaxial	259,6 ^b	31,7 ^a

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não são estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade. Fonte: Reis e Reis (1991)

Informações sobre a perda de água pelas plantas através da transpiração são de grande importância na escolha de material genético bem como das técnicas de manejo das plantas, para se obter o máximo de produtividade. Existem poucos trabalhos em que se analisa a perda de água pelas brotações de eucalipto. Gomes (1994) verificou que *E. camaldulensis* é a espécie com o controle estomático mais eficiente, em comparação com *E. urophylla* e *E. pellita*. Levando-se em consideração que *E. camaldulensis* é uma das espécies mais adaptadas a regiões com deficiência hídrica, é, também, a espécie mais estudada em relação ao seu status hídrico, tanto em plantas provenientes de sementes como da brotação. Na Figura 1, verifica-se que plantas de *E. camaldulensis*, provenientes de sementes (plantas intactas), apresentam condutância estomática muito mais baixa do que as brotações, quando crescendo em vasos, em casa de vegetação, com adequada disponibilidade hídrica. Nota-se na Tabela 2 que ocorrem, também, diferenças morfológicas entre estas plantas intactas e brotações. As brotações possuem um maior número de estômatos na face abaxial da folha do que as plantas intactas. Resultados similares de condutância estomática e número de estômatos foram obtidos por Blake (1980), para a mesma espécie. Connor *et al.* (1977) observaram, também, maior perda de água por brotações de *E. regnans*, mencionando que este fato pode ocorrer em razão da eliminação de resistências do fluxo de água quando do corte da árvore, talvez em decorrência de uma elevada pressão de raiz, na parte remanescente da planta, após o corte da parte aérea. Há, ainda, que se considerar que *E. camaldulensis* apresenta raízes mais profundas e ramificadas a maior profundidade do que outras espécies (Gomes, 1994). Essas raízes mais profundas irão permitir que as brotações mantenham os estômatos abertos por um período mais longo, uma vez que se manterão em atividade quando as camadas superficiais do solo apresentarem baixa disponibilidade de água (Reis e Hall, 1987).

Em razão do rápido crescimento inicial da brotação, há uma produção de folhas muito maior do que aquela observada para plantas estabelecidas a partir de semente, com a mesma idade, implicando que as brotações atingem, mais cedo, maior índice de área foliar do que as plantas da primeira brotação, o que é muito importante na fixação de carbono. Na Tabela 3, verifica-se que, aos 10,5 meses de idade, as brotações de *E. grandis* produziram 819 gramas de folhas, enquanto as plantas provenientes de mudas produzi-



ram apenas 138 g de folhas. Entre 16,5 e 19,5 meses, as mudas já apresentavam maior quantidade de folhas, especialmente em razão da possível queda de folhas nas brotações. Levando-se em conta que o controle estomático das brotações é menos eficiente, que o número de estômatos e área foliar são mais elevados e que o sistema radicular já estabelecido mantém absorção contínua de água, enquanto esta for disponível, é de se esperar que o potencial hídrico do solo decresça mais rapidamente e, sob deficiência hídrica, venha promover a queda na produtividade por afetar diretamente o vigor e o crescimento das brotações, podendo explicar, também, a redução na quantidade de folhas. Reis e Reis (1991) observaram morte de folhas mais acentuada em brotações submetidas a ciclos de estresse hídrico, quando comparada com plantas intactas (Tabela 4), o que suporta essa explicação. Também, as brotações apresentaram níveis mais baixos de reservas radiculares, principalmente, quando foram submetidas a deficiência hídrica. Esta resposta pode ser explicada em razão da acentuada redução na fixação de carbono e rápida aceleração dos processos respiratórios, levando as reservas da cepa à exaustão. Desta forma, para que a produtividade seja mantida ou aumentada será necessário favorecer o armazenamento de água no solo através de técnicas conservacionistas ou, aumentando-se a eficiência no seu uso, pela adoção de espaçamentos adequados e material genético de elevada eficiência no uso de água.

Tabela 3

Produção de matéria seca de folhas e galhos (g) numa sequência de idade, em plantas provenientes de enraizamento de estacas e de brotações de *Eucalyptus grandis*, na região de cerrado, em Itamarandiba, Minas Gerais

Idade (meses)	Mudas de Estacas		Brotações	
	Folhas	Galhos	Folhas	Galhos
10,5	138	92	819	1147
13,5	154	278	1097	1954
16,5	474	589	814	1765
19,5	1086	1541	673	2824

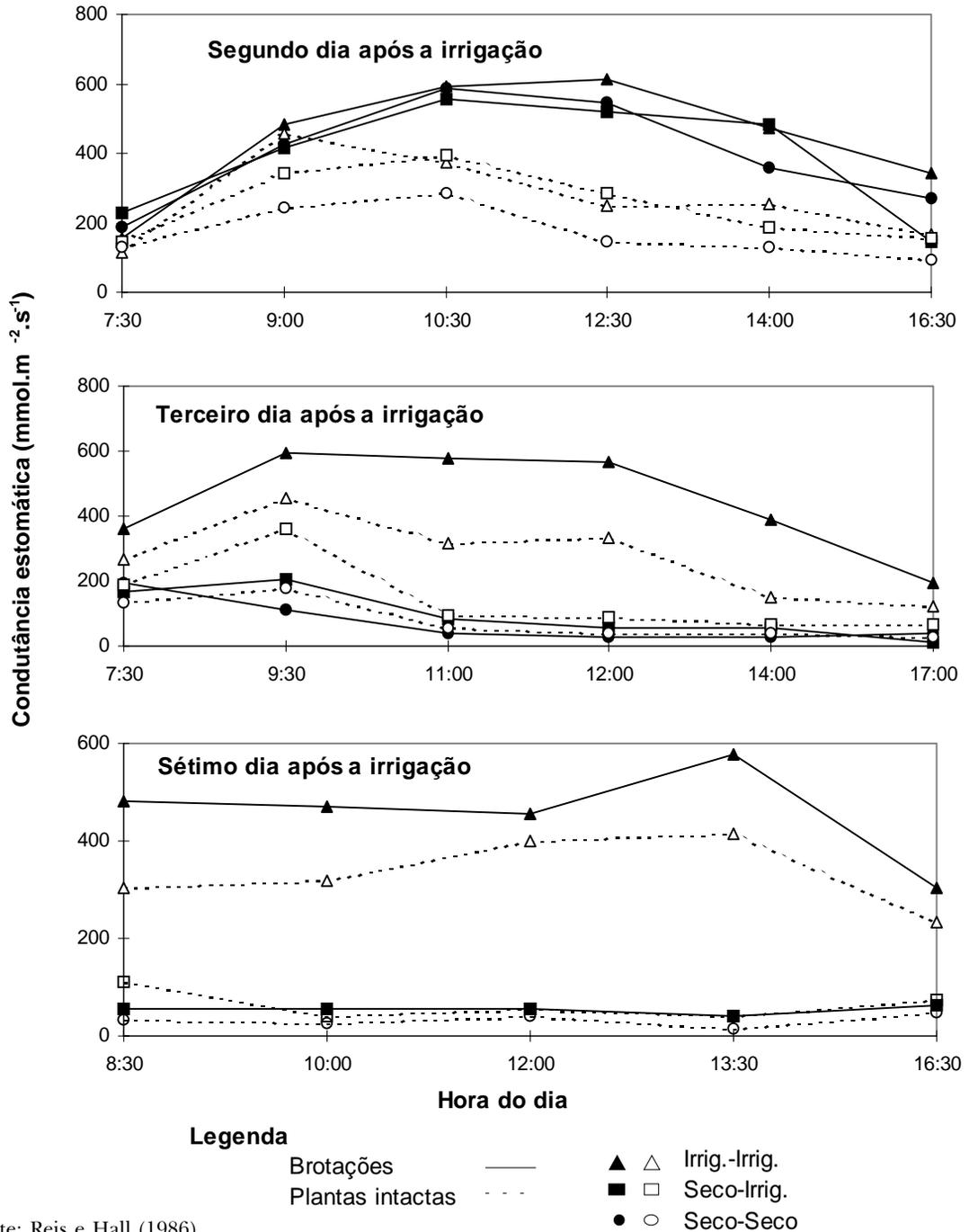
Fonte: Ferreira (1984)

Com base nos resultados apresentados acima sobre o uso de água pelas plantas, verifica-se que as brotações apresentam condutâncias estomáticas mais elevada, o que implica em grandes perdas de água por transpiração, principalmente quando há disponibilidade de água no solo. É, porém, interessante notar que as brotações, também, apresentam alguma sensibilidade à deficiência hídrica, fechando rapidamente seus estômatos. Na Figura 1, verifica-se que as diferenças entre plantas intactas e brotações são elevadas, em razão de se ter disponibilidade de água adequada no solo. Na Figura 2, é possível observar redução nessas diferenças. Ao final do terceiro ciclo de seca, no terceiro dia após a irrigação, nas plantas mantidas plenamente irrigadas (I-I), as brotações mantiveram a condutância estomática bem mais elevada do que as plantas intactas. Entretanto, nos demais tratamentos, em que a disponibilidade hídrica foi reduzida, a diferença entre plan-



Figura 2

Condutância estomática, no terceiro ciclo de seca, de plantas intactas (símbolos abertos) e de brotações (símbolos fechados), em casa de vegetação, sob três sistemas de irrigação (I-I - irrigado nos dois vasos; S-I - irrigado apenas no vaso menor, acoplado na base do vaso maior e, S-S - ambos vasos não irrigados)





tas intactas e brotações foi reduzida, ou seja, as brotações, também, apresentaram adequado controle estomático e a perda de água apresentada deverá acontecer principalmente via cutícula. No sétimo dia após a irrigação, os estômatos dos dois tipos de plantas se encontravam praticamente fechados. Entretanto, as brotações apresentaram, nesta data, elevado nível de injúria (Tabela 4), em razão de maior perda de água e inabilidade de apresentar ajuste osmótico, além de apresentar uma menor proporção de tecidos de sustentação na folha.

Tabela 4

Estimativa de morte foliar ao final do terceiro ciclo de seca em plantas intactas e brotações, e produção de biomassa no escuro como estimativa das reservas radiculares.

Tipo de planta	Regime de irrigação ¹	Morte foliar (%)	Biomassa (g)	Biomassa média (g)
Plantas intactas	Seco-seco	45	4,5	
	Seco-irrigado	5	6,2	
	Irrig.-irrigado	5	5,7	5,5
Brotações ¹	Seco-seco	100	0,9	
	Seco-irrigado	5	3,0	
	Irrig.-irrigado	5	2,6	2,2

1. Vasos pequenos foram acoplados aos vasos grandes para permitir irrigação nos dois vasos (irrigado-irrigado) ou apenas no vaso pequeno (seco-irrigado), simulando condições diferenciadas de disponibilidade de água no solo.

Fonte: Reis e Reis (1991)

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram ser de grande importância o desenvolvimento de estudos mais detalhados sobre as brotações das várias espécies de eucalipto, especialmente no que se refere às relações hídricas e suas influências sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, uma vez que a grande maioria dos reflorestamentos estão sendo estabelecidos em áreas que apresentam deficiência hídrica e baixa fertilidade natural. Levando-se em conta que o eucalipto apresenta a vantagem de regenerar-se por brotação, estas florestas devem ser manejadas de forma a permitir a obtenção de produtividade mais elevada em suas várias rotações.

CONCLUSÕES

Em geral, a maioria dos eucaliptos emite um número muito elevado de brotações após o corte da planta. A seleção e remoção desses brotos afetam a demanda de água e nutrientes do solo pela brotação, devendo-se, portanto, considerar o número de brotos a serem deixados e a época mais apropriada para sua remoção. Se todos os brotos permanecerem na cepa, poderá impor um estresse à planta, prejudicando o crescimento e a produção das brotações.

As brotações de algumas espécies de eucalipto apresentam maior uso de água do que as plantas da primeira rotação, possivelmente em razão das brotações apresentarem maior



densidade estomática, maior superfície de absorção em razão do sistema radicular já se encontrar estabelecido e a área foliar ser mais elevada do que para as plantas da primeira rotação, com a mesma idade.

Cada broto deixado na cepa, comporta-se semelhantemente a uma planta isolada e, contribui para aumentar a pressão sobre os recursos do meio. Por outro lado, deixando-se mais de um broto, pode-se promover o reespçamento do povoamento.

Técnicas de manejo devem ser adotadas de modo a facilitar o aumento na disponibilidade de água no solo e reduzir danos ao sistema radicular ou à cepa propriamente dita. Deve-se, também, utilizar material genético que apresente sistema radicular vigoroso, adequadamente distribuído ao longo dos diferentes horizontes do solo e que seja eficiente na absorção de água e nutrientes.

A manutenção dos resíduos de exploração no campo melhora as condições de disponibilidade de água e nutrientes para a segunda rotação, porém, deve-se evitar a obstrução das cepas com os mesmos. A adubação das brotações deve ser utilizada para restabelecer ou melhorar o nível dos nutrientes do solo, observados na primeira rotação e, na colheita da floresta, deve-se evitar a compactação do solo e danos às raízes e às cepas. Desta forma, as condições ambientais observadas durante a primeira rotação devem ser mantidas ou melhoradas no decorrer das rotações subsequentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, H.W.; PAPADOPOULOS, C.S.; ZSUFFA, L. Wood energy plantations in temperate climates. *Forest Ecology and Management*, v.6, n.3, p. 281-306. 1983.
- BERNARDO, A.L. Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de três espécies de *Eucalyptus* spp sob diferentes densidades populacionais na região de cerrado de Minas Gerais. Viçosa, 1995. 88p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- BLAKE, T.J. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* L'Herit. III. the effects of seasonal and nutritional factors of dormant bud development. *New Phytology*, v.71, p. 327-34, 1972.
- BLAKE, T.J. Effects of coppicing on growth rates, stomatal characteristics and water relations in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.7, p. 81-4, 1980.
- BLAKE, T.J. & RAITANEN, W.E. A summary of factors influencing coppicing. Stockholm: National Swedish Board for Energy Source Development, 1981. 24 p. (IEA Report, NE1981:22).
- CARRODUS, B.B. & BLAKE, T.J. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* L'Herit. I. The nature of the lignotuber. *New Phytology*, v.69, n.4, p. 1069-72, 1970.
- CHATTAWAY, M.M. Bud development and lignotuber formation in eucalypts. *Australian Journal of Botany*, v.6, p. 103-15, 1958.
- CONNOR, D.J.; LEGGE, N.J.; TURNER, N.C. Water relations of mountain ash (*Eucalyptus regnans* F. Muell.) forests. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.4, p. 753-62, 1977.
- CREMER, K.W. Ability of *Eucalyptus regnans* and associated evergreen hardwoods to recover from cutting or complete defoliation in different seasons. *Australian Forest Research*, v.6, n.2, p. 9-22. 1973.
- DANIEL, T.W.; HELMS, H.A.; BAKER, F.S. *Principles of silviculture*. New York: McGraw-Hill, 1979. p. 436-459.
- FAO, Roma. *Eucalypts for planting*. Roma, 1981. 677 p. (FAO Forestry Series, 11)



- FERREIRA, M.G.M. Factors determining coppice regeneration and subsequent sprout growth, and a simulation of coppice growth. In: FERREIRA, M.G.M. *An analysis of the future productivity of Eucalyptus grandis plantations in the "cerrado" region in Brazil: a nutrient cycling approach*. Vancouver: The University of British Columbia, 1984. p. 110-50.
- GOMES, R.T. Efeito do espaçamento no crescimento e relações hídricas de *Eucalyptus* spp na região de cerrado de Minas Gerais. Viçosa, 1994. 85p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- JACOBS, M.R. *Growth habits in eucalypts*. Canberra: Forestry and Timber Bureau, 1955. 262p.
- KAUMI, S.Y.S. Four rotations of *Eucalyptus* fuel wood trial. *Commonwealth Forest Research*, v.62, n.1, p. 19-24, 1983.
- LEE, D.K. The influence of the geometry and distribution of root system on coppice regeneration and growth of hybrid poplars. *Dissert. Abr. International*, B, v.39, n.7, p. 3072B, 1979
- LELES, P.S.S. Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos. Viçosa, 1995. 133p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- LUCKHOFF, H.A. The establishment and regeneration of *Eucalyptus saligna* plantations in the coastal belt of Zululand. *South African Forest Journal*, v.22, p. 15-20, 1955.
- OLIVEIRA NETO, S.N. *Biomassa, nutrientes e relações hídricas em Eucalyptus camaldulensis em resposta à adubação e ao espaçamento*. Viçosa: UFV, 1996. 131p.
- PEREIRA, A.R.; REGAZZI, A.J.; RIBEIRO, J.C.; RAMALHO, L.R. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento das brotações de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, v.4, n.2, p. 215-220, 1980.
- REIS, G.G. & HALL, A.E. Respostas de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. submetidas a diferentes níveis de deficiência hídrica. *Revista Árvore*, v.10, n.1, p. 16-26, 1986.
- REIS, G.G. & HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. *Revista Árvore*, v.11, n.1, p. 43-55, 1987.
- REIS, G.G. & REIS, M.G.F. Respostas estomáticas e mudanças nos níveis de reservas de plantas intactas e de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. submetidas à deficiência hídrica no solo. *Revista Árvore*, v.15, n.2, p. 112-25, 1991.
- REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex-Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. *Revista Árvore*, v.12, n.2, p. 183-95, 1988.
- REIS, M.G.F. & KIMMINS, J.P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, v.10, n.2, p. 196-201, 1986.
- REIS, M.G.F. & REIS, G.G. Dinâmica de raízes após a brotação e determinação da contribuição relativa do sistema radicular no desenvolvimento das brotações. (Dados não publicados)
- REZENDE, G.C.; SUITER FILHO, W.S.; MENDES, C.J. Regeneração dos maciços florestais da Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara. *Boletim Técnico SIF*, v.1, 1980. p. 1-24.
- RIBEIRO, F.A. *A indução ao rebrotamento como alternativa para a manutenção da produtividade de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden*. Viçosa: UFV, 1988.
- SANYAL, P. Rehabilitation of degraded coppice sal forests vis-a-vis conversion to *Eucalyptus* plantations in South Bengal - a financial study. *Indian Forester*, v.101, n.1, p. 103-08, 1975.
- SHARMA, R.P. Production potential and other crop characters of the first generation coppice of *Eucalyptus hybrid*. *Indian Forester*, v.105, n.2, p. 89-100, 1979.
- SCHIER, G.A. & ZASADA, J.C. Role of carbohydrate reserves in the development of root suckers in *Populus tremuloides*. *Canadian Journal of Forest Research*, v.3, p. 243-50, 1973.
- STEINBECK, N.M. & NWOBOSHI, L.C. Rootstock mass of coppiced *Platanus occidentalis* as affected by spacing and rotation length. *Forest Science*, v.26, n.4, p. 545-7, 1980.
- TAYLOR, J.S.; BLAKE, T.J.; PHARIS, R.P. The role of plant hormones and carbohydrates in the growth and survival of coppiced *Eucalyptus* seedlings. *Physiology Plant.*, v.55, p. 421-30. 1982.
- TEW, R.K. Root carbohydrates reserves in vegetative reproduction of aspen. *Forest Science*, v.16, n.3, p. 318-20, 1970.
- WENGER, K.F. The sprouting of sweetgum in relation to season of cutting and carbohydrate content. *Plant Physiology*, v.28, p. 35-49, 1953.
- ZAVITROVSKI, J. Juvenile coppice growth and production of several hybrid poplars in Northern Wisconsin. In: *north am. poplar council meeting*, Rhinelander, Wisconsin, July 20-22, 1982. Proceedings. Manhattan, Kansas State University, 1982.