



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, A. S.
RELAÇÕES HÍDRICAS EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO COM DIFERENTES DENSIDADES
POPULACIONAIS

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 23, núm. 1, 1999, pp. 9-16

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218280003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

RELAÇÕES HÍDRICAS EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO COM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS⁽¹⁾

F. P. LEITE⁽²⁾, N. F. BARROS⁽³⁾, R. F. NOVAIS⁽³⁾,
L. M. A. SANS⁽⁴⁾ & A. S. FABRES⁽⁵⁾

RESUMO

Em experimento realizado na região de Santa Bárbara (MG), no período de agosto de 1994 a fevereiro de 1995, avaliaram-se a precipitação pluviométrica interna, a evapotranspiração da cultura (ETc) e o regime hídrico do solo sob povoamento de *Eucalyptus grandis* (dos 32 aos 38 meses de idade) com densidades populacionais variando de 500 a 5.000 plantas ha⁻¹. A umidade volumétrica do solo, em uma seção de controle de 0 a 285 cm de profundidade, foi determinada quinzenalmente, por meio de moderação de nêutrons. A interceptação de água pelas copas aumentou linearmente com o aumento da população de plantas, enquanto a ETc não foi significativamente influenciada. A umidade do solo tendeu a aumentar com a redução da população de plantas. A umidade do solo em todas as épocas monitoradas nunca apresentou valores inferiores àquele correspondente à água retida à tensão de 1,5 MPa.

Termos de indexação: *Eucalyptus grandis*, regime hídrico, evapotranspiração.

SUMMARY: WATER RELATION IN EUCALYPT STANDS AS AFFECTED BY PLANT POPULATION

In a trial carried out at Santa Barbara, MG, Brazil, the influence of plant population on throughfall, crop evapotranspiration (ETc) and soil moisture regime of Eucalyptus grandis stands was evaluated. Plant population varied from 500 to 5000 trees ha⁻¹. Soil moisture

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Recebido para publicação em junho de 1996 e aprovado em setembro de 1998.

⁽²⁾ Rua Ouro, 35, Iguacu, CEP 35162-103 Ipatinga (MG).

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos da UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. CEP 35701-970 Sete Lagoas (MG).

⁽⁵⁾ Pesquisador da Celulose Nipo-Brasileira. CEP 35101-970 Ipatinga (MG).

was measured down to a depth of 285 cm by a neutron probe, every 15 days. Rain water interception increased linearly with increasing plant population, whereas ETC was not significantly influenced. Soil moisture level tended to increase as plant population decreased. During the experimental period, soil moisture level was never below that corresponding to retained water at 1.5 MPa.

Index terms: Eucalyptus grandis, soil moisture, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

Conhecendo as variações de umidade no solo, é possível avaliar a influência das plantas sobre a disponibilidade de água, fazer inferências a respeito da transpiração das plantas, determinar as regiões onde o sistema radicular atua de modo mais efetivo e outros efeitos da vegetação sobre a água do solo.

Pode-se atribuir o efeito da densidade populacional de plantas sobre o regime hídrico do solo, principalmente, às diferenças na quantidade de água transpirada e na interceptação de chuva pela copa. Outros fatores que também devem interferir e podem estar relacionados com a densidade populacional são a interceptação de água pela manta orgânica depositada na superfície do solo, a taxa de infiltração de água no solo, o escoamento superficial e o microclima dentro de cada povoamento.

Uma das maneiras utilizadas para aumentar o deflúvio é a redução da densidade populacional de árvores na área de captação. Com o desbaste, ocorre redução tanto na transpiração como na interceptação (Stoneman & Schofield, 1989). McNoughtan & Jarvis (1983), citados por Stoneman & Schofield (1989), relataram que a redução na transpiração deve ocorrer na mesma proporção da redução da área foliar. Para Kramer (1983), essa proporcionalidade necessariamente não é observada e pode não levar à redução das taxas de transpiração, pois pode haver aumento da taxa de perda de água por unidade de superfície das folhas que permanecerem.

Gomes (1994), avaliando o efeito do espaçamento no crescimento e as relações hídricas de três espécies de eucalipto, entre 14 e 26 meses de idade, não detectou influência significativa do espaçamento na condutância estomática (gs). Entretanto, houve tendência de ocorrer maior gs e maior taxa de transpiração nas plantas sob espaçamentos mais amplos.

Este trabalho teve a finalidade de avaliar as variações temporais de água no solo, a relação da umidade do solo com o crescimento do eucalipto, bem como estimar a evapotranspiração ocorrida em parcelas de eucalipto sob diferentes densidades populacionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em área experimental da CENIBRA Florestal, no município de Santa Bárbara (MG) (19°57' de latitude sul, 43°24' de longitude oeste e altitude de 740 m). Pela classificação de Köppen, a região tem clima do tipo Cwa, temperado chuvoso-mesotérmico, a precipitação média anual nos últimos nove anos foi de 1.236 mm, com a evapotranspiração potencial anual estimada entre 800 e 850 mm. A vegetação original era constituída, predominantemente, por floresta estacional semidecidual. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura franco-argilo-arenosa.

O *Eucalyptus grandis* (procedência Coffs Harbour) foi plantado em vários espaçamentos, em dezembro de 1991. As densidades populacionais (DP) avaliadas foram 500, 625, 833, 1.250, 1.666, 2.500 e 5.000 plantas ha⁻¹, correspondentes às áreas iniciais disponíveis por planta (AID) de 20, 16, 12, 8, 6, 4 e 2 m², respectivamente. Os efeitos de cada tratamento foram avaliados em três repetições, em delineamento de blocos ao acaso. Cada parcela apresenta uma área total de 500 m² (25 x 20 m).

Para o monitoramento da água no solo, feito com sonda de nêutrons (modelo 503 DR-CPN corp.), foram instalados, em cada parcela, três tubos de alumínio (com 45 mm de diâmetro externo) para acesso da sonda. Os valores de contagem de nêutrons moderados foram convertidos em valores de umidade volumétrica (θ), com base na curva de calibração da sonda [$\theta = -17,03 + 20,679$ (taxa relativa de contagem) R² 0,879], ajustada a partir de dados obtidos em local ao lado da área experimental.

Dos três tubos de acesso de cada parcela, dois (de 2,0 m) foram introduzidos até a profundidade de 1,95 e um (de 3,0 m) até 2,95 m. Um dos tubos de 2,0 m foi instalado a 0,5 m da árvore média de cada parcela, na entrelinha; o tubo de 3,0 m em um ponto central, definido pela interceptação de duas diagonais tiradas de quatro árvores (da média e mais três árvores vizinhas); e o outro de 2,0 m no centro do triângulo formado entre o tubo central e duas árvores vizinhas na linha de plantio (Figura 1).

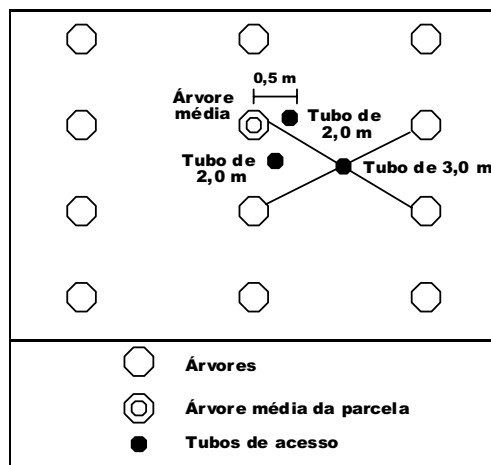


Figura 1. Distribuição esquemática dos tubos de acesso da sonda de nêutrons nas parcelas.

As leituras foram feitas em intervalos quinzenais, durante o período de seis meses (de 12/08/94 a 16/02/95), nas seguintes profundidades: 30; 60; 90; 120; 150; 180 cm. Adicionalmente, no tubo de 3,0 m, foram feitas leituras a 210, 240 e 270 cm de profundidade.

A partir do conteúdo de água no solo (conteúdo = θ em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ x profundidade da camada em m x 10.000) em cada período de monitoramento, calcularam-se os índices: conteúdo médio (CM), média dos conteúdos de água no solo dos treze períodos avaliados; conteúdo médio relativo (CMR), média dos valores relativos de conteúdo (representando a fração do conteúdo de água da seção de controle, em cada período, em relação ao conteúdo máximo determinado na parcela correspondente a cada tratamento, durante o período total de monitoramento. A esse conteúdo máximo foi atribuído o valor relativo de 100%, ou seja, nessa situação, o solo estava na sua capacidade máxima de armazenamento de água); valor máximo relativo de recarga (VMRC), diferença entre o conteúdo mínimo relativo encontrado na seção de controle antes de o solo ter atingido sua capacidade máxima de armazenamento e o valor máximo; valor máximo relativo de exaustão (VMRE), diferença entre o conteúdo mínimo relativo de água no solo (após este ter alcançado seu conteúdo máximo) e este valor máximo.

Esses indicadores foram determinados a partir das seguintes considerações: Conteúdo (C) = conteúdo água no solo em cada período (média das profundidades, dos tubos e das parcelas), referente a cada tratamento; Conteúdo médio (CM) = $\Sigma C / \text{número de períodos}$; Conteúdo máximo (Cmax) corresponde ao maior conteúdo de água encontrado durante os períodos monitorados; Conteúdo relativo (Cr) = $(100 \times C) / C_{\text{max}}$; Conteúdo médio relativo

(CMR) = $\Sigma Cr / \text{número de períodos}$; Conteúdo mínimo relativo (Cmin) corresponde ao conteúdo mínimo de água encontrado no período seco, antes do solo atingir seu conteúdo relativo máximo (C_{max}), sendo $C_{\text{max}} = 100\%$; Valor máximo relativo de recarga (VMRC = $C_{\text{max}} - C_{\text{min}}$); Conteúdo de exaustão (Ce) = conteúdo mínimo encontrado no solo no período chuvoso, após o solo ter atingido seu conteúdo relativo máximo; Valor máximo relativo de exaustão (VMRE = $C_e - C_{\text{max}}$), indica, em termos relativos, quanto de água foi extraída do solo em um período em que não havia restrição de água no solo.

Para a avaliação da precipitação pluviométrica interna, foram instalados três pluviômetros, em cada parcela, à altura de 1,5 m da superfície do solo. A distribuição dos pluviômetros dentro da parcela foi a mesma utilizada para os tubos de acesso de alumínio. Em área aberta, fora do experimento, foram instalados mais dois pluviômetros para a determinação da precipitação total.

Em trincheiras abertas ao lado do local do experimento, para a calibração da sonda de nêutrons, foram coletadas amostras de solo para determinação da densidade do solo, densidade de partículas, textura e curva de retenção de água no solo em amostras indeformadas.

Também foi avaliado o efeito dos tratamentos na produção de biomassa da parte aérea do eucalipto e na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas copas das árvores. A matéria seca total da biomassa da parte aérea (BT) foi quantificada a partir da árvore média de cada parcela, que foi abatida e teve todos seus componentes (folha -F-, casca, galho e lenho) pesados e amostrados para a determinação de umidade.

A área foliar foi determinada a partir de amostras de 120 g de folhas, coletadas após homogeneização rigorosa de toda a folhagem da árvore média. A área foliar dessas amostras foi avaliada por um medidor de área (Delta-T). Relacionando a área medida dessas amostras com o peso total da folhagem verde, determinou-se a área foliar da árvore média. Dividindo essa área pela área disponível por planta, obteve-se o índice de área foliar (IAF).

A densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos foi medida com o fotômetro modelo DataLogger LI 1.000, utilizando o sensor Quantum. Essa avaliação foi feita no período do dia quando o sol estava "mais alto" (mais próximo do zênite), em dia não nublado. As leituras foram tomadas em dezoito pontos dentro de cada parcela, sendo seis na linha, seis na entrelinha e seis na faixa central da diagonal entre duas árvores; os pontos de leitura em cada sequência de seis ficaram distanciados 20 cm. Também foi feita uma medição em uma área a pleno sol, próxima do local do experimento. Por diferença entre as determinações feitas dentro e fora do povoamento, determinou-se a radiação interceptada (RI).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo da área experimental apresentou as seguintes características físico-hídricas (valores médios de amostras coletadas em seis profundidades no horizonte Bw): densidade do solo - $1,1 \text{ kg dm}^{-3}$; densidade de partículas $2,57 \text{ kg dm}^{-3}$; areia fina, areia grossa, silte e argila - 120, 350, 210 e 320 g kg^{-1} , respectivamente; porosidade, equivalente de umidade, umidade volumétrica correspondente àquela retida no solo a tensões de 0,01, 0,03 e $1,5 \text{ MPa}$ - 0,57, 0,21, 0,289, 0,219, 0,168 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente.

A precipitação pluviométrica interna mostrou tendência de decréscimo linear com o aumento da densidade populacional, decorrente da maior interceptação da chuva pelas copas (INT) nas parcelas em que o espaçamento entre plantas era menor, em razão do maior índice de área foliar observado nessas situações (Leite, 1996). A relação entre o percentual de chuva interceptada pelas copas (INT) e a área inicial disponível por plantas (AID) é descrita pela equação $\text{INT} = 21,536 - 0,194 \text{ AID}$ ($R^2 = 0,57^*$). Os valores estimados de interceptação (de 17,6 a 21,1%) estão dentro dos limites encontrados para espécies do gênero *Eucalyptus*. Lima (1993) cita resultados obtidos por vários autores que mostram perdas por interceptação entre 7 e 24%, que impõem redução considerável na quantidade de água de chuva que chega à superfície do solo.

Neste trabalho, não se determinou a quantidade de água que atinge o solo via escoamento pelo tronco. Caso essa via de entrada tivesse sido quantificada, certamente haveria redução dos valores de interceptação de água pelas copas, determinados somente pela diferença entre a precipitação total e interna.

Outro fato a ser considerado no ciclo hidrológico em florestas é a interceptação de água pela manta orgânica (M.O.) depositada no piso florestal. A quantidade de manta decresceu com o aumento da área inicial disponível por plantas [M.O. (t ha^{-1}) = $8,238 - 0,2296 \text{ AID}$ ($R^2 = 0,914^{**}$)] (Leite, 1996). Assim, é possível que tenha havido maior retenção de água pela manta nas parcelas com maior população de plantas. Por outro lado, a manta também contribui para maior infiltração de água no solo (Kowalik et al., 1988; Ole-Meulidie & Njau, 1989) e diminuição da evaporação direta da água do solo, o que poderia contrabalançar o efeito anterior.

As variações da umidade volumétrica do solo ao longo do tempo acompanham o comportamento da precipitação pluviométrica observada no mesmo período, e o padrão das variações não é diferente no solo sob diferentes populações de plantas. Em camadas acima de 1,65 m de profundidade (zona com a maior quantidade de raízes e onde existia a menor variabilidade espacial do solo), a umidade foi menor

(Figura 2), em termos absolutos, nos solos sob populações mais densas, o que pode ser reflexo tanto de maior uso de água, como da menor precipitação interna (maior interceptação) (Stoneman & Shofield, 1989). A afirmativa em relação à maior variabilidade do solo em profundidade é feita com base na constatação, durante a abertura dos orifícios para a instalação dos tubos de acesso, de que o material encontrado a partir de profundidades maiores que 2,3 m nem sempre era o mesmo. Em algumas situações, encontrava-se material de horizonte Bw (predominantemente); em outras, do B/C, e, em outras, material do horizonte C. Como esses materiais apresentavam características estruturais e texturais diferentes, seu comportamento hídrico também deverá ser diferenciado.

Portanto, optou-se por fazer algumas interpretações somente considerando o regime hídrico do solo até a camada de 1,65 m, onde, consistentemente (e até 0,65 m abaixo dessa profundidade) só foi encontrado horizonte Bw. Os valores mais elevados dos coeficiente de variação dos resultados de umidade nas camadas mais profundas também indicam a possível variabilidade de algumas características do solo nessas camadas (Quadro 1).

Os índices conteúdo médio (CM), conteúdo médio relativo (CMR), valor máximo relativo de recarga (VMRC), valor máximo relativo de exaustão (VMRE) e umidade mínima no perfil (UMP), apresentados no quadro 2, também foram determinados para a seção de controle de 0 a 165 cm de profundidade. Isso foi feito para caracterizar o regime hídrico em camada de atividade radicular mais intensa e evitar possíveis interferências de variações de umidade em função da variabilidade do solo, encontrada na área experimental em profundidades maiores que 2,3 m, que poderiam distorcer o efeito causado pelos tratamentos avaliados.

O conteúdo médio (CM) de água no solo mostra tendência de decréscimo com o aumento da densidade populacional (Quadro 2), principalmente quando excluídas dessas comparações as camadas mais profundas monitoradas. Em camadas mais profundas, as variações de água devem ter ocorrido mais em função de características do solo (estruturais e texturais) do que da densidade de plantas.

Os valores máximos relativos de recarga (VMCR), que indicam o quanto o solo estava afastado de sua capacidade máxima de armazenamento de água, no período em que a umidade do solo atingiu seu valor mais baixo durante o período total de monitoramento, mostraram tendências de variação definidas entre os tratamentos na camada de 0 a 165 cm (Quadro 2). Esses valores confirmam a mesma tendência já apresentada pelos valores absolutos de umidade, representados pelo conteúdo médio (Figura 2).

Com relação ao esgotamento de água durante o período de elevada disponibilidade de água no solo, avaliada pelo valor máximo relativo de exaustão

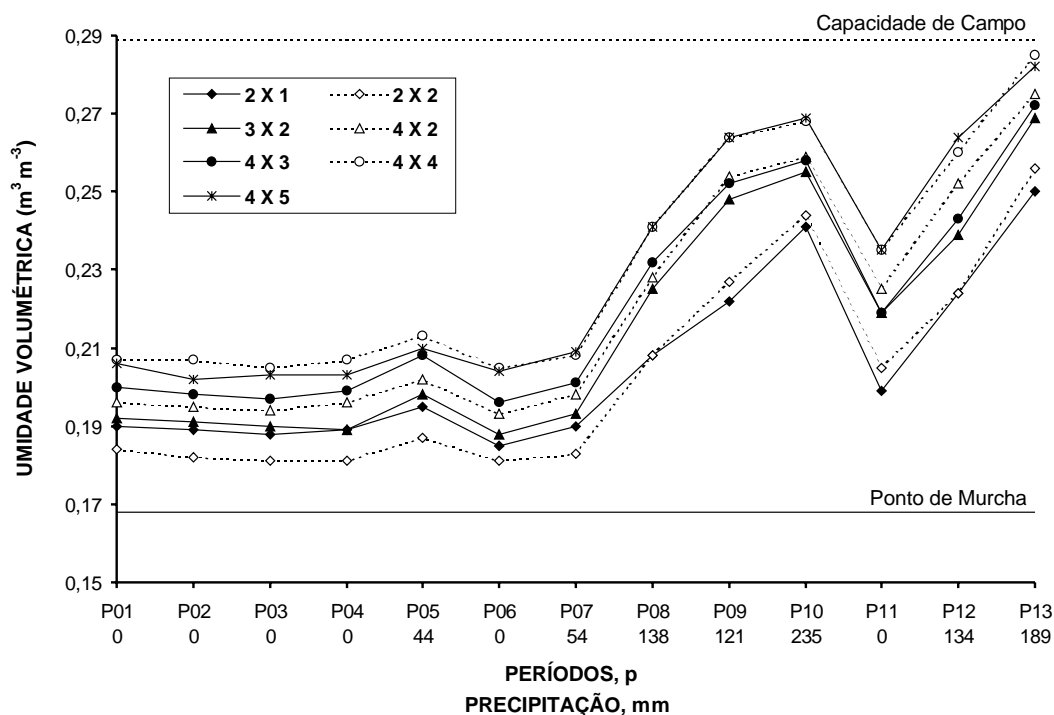


Figura 2. Umidade volumétrica do solo (camada de 0 a 165 cm) determinado quinzenalmente (12/08/94 - P1 até 16/02/95 - P13) sob *E. grandis* estabelecido em diferentes espaçamentos e precipitações pluviométricas ocorridas nesses períodos.

Quadro 1. Coeficiente de variação (C.V.) dos valores de umidade determinados em diferentes profundidades, no período seco (PS) e no período das chuvas (PC)

Profundidade	C.V. (PS)	Profundidade	C.V. (PC)
cm	%	cm	%
30	7,46	30	5,14
60	3,99	60	3,38
90	5,16	90	5,30
120	5,05	120	5,25
150	14,11	150	13,26
180	22,37	180	18,33
210	17,96	210	12,13
240	16,63	240	14,33
270	21,61	270	19,87

(VMRE), as diferenças encontradas entre os tratamentos não são elevadas (Quadro 2), mas apresentam tendência de acréscimo com o aumento da população de plantas. Nesta situação, o maior esgotamento estaria diretamente ligado à evapotranspiração, já que, no período considerado

para o cálculo desse índice (VMRE), não ocorreram chuvas, e os teores de água no limite inferior do perfil monitorado estavam próximos aos valores verificados no período mais seco. Isso indica que as possíveis perdas de água por percolação interna para regiões abaixo daquela camada monitorada devem ter sido mínimas nessa época. Os valores médios de umidade mínima da seção de controle (UMP) de 0 a 165 cm (Quadro 2), para nenhum dos tratamentos avaliados, apresentou valores inferiores àquele correspondente à umidade retida no solo sob a tensão de 1,5 MPa, isto é, 16,82%.

Com base nestes valores, pode-se afirmar que, durante o período monitorado, o eucalipto não utilizou a água que estava retida no solo a tensões maiores que 1,5 MPa. Espécies como *E. saligna* (Lima & Reichardt, 1977), *E. grandis* (Zakia, 1980) e *Pinus radiata* (Myers & Talsma, 1992) ainda conseguiram manter o transporte de água do solo para a atmosfera mesmo quando ela estava retida a tensões maiores que 1,5 MPa.

Durante o período em que não foram observadas variações de água no limite inferior do perfil monitorado, o que aconteceu até o dia 08/12/94, estimou-se a evapotranspiração da cultura (ETc). Isso foi feito por meio do balanço entre a quantidade de água que entrou no sistema via precipitação

Quadro 2. Índices relacionados com características hídricas do solo, sob povoamentos de eucalipto, em diferentes espaçamentos, nas camadas de 0 a 165 cm de profundidade (165) e de 0 a 285 cm (285)

Espaçamento	CM		CMR ⁽¹⁾		VMRC ⁽¹⁾		VMRE ⁽¹⁾		UMP	
	165	285	165	285	165	285	165	285	165	285
m	m ³ ha ⁻¹								m ³ m ⁻³	
4 x 5	3.802	6.497	0,857	0,835	0,246	0,253	-0,125	-0,105	0,203	0,204
4 x 4	3.814	6.185	0,862	0,833	0,233	0,246	-0,126	-0,116	0,206	0,196
4 x 3	3.647	6.109	0,858	0,843	0,236	0,225	-0,149	-0,121	0,197	0,197
4 x 2	3.639	6.245	0,850	0,843	0,253	0,234	-0,132	-0,107	0,194	0,199
3 x 2	3.548	5.531	0,844	0,786	0,255	0,306	-0,142	-0,123	0,190	0,165
2 x 2	3.354	5.615	0,833	0,835	0,261	0,234	-0,158	-0,109	0,180	0,180
2 x 1	3.392	5.675	0,852	0,887	0,219	0,163	-0,171	-0,114	0,188	0,188

CM = conteúdo médio de água no solo; CMR = conteúdo médio relativo; VMRC = valor máximo relativo de recarga; VMRE = valor máximo relativo de exaustão de água do solo; UMP = umidade mínima observada na seção de controle. ⁽¹⁾ Valor relativo (adimensional).

pluviométrica interna e pelas variações de umidade no perfil monitorado ou somente pelas variações de umidade, nos períodos em que não houve precipitação. A ausência de escoamento superficial deveu-se à proteção dada pela manta orgânica à camada superficial do solo, bem como à baixa intensidade das chuvas ocorridas nesse período.

A evapotranspiração da cultura em nenhuma época apresentou diferenças consistentes entre os tratamentos avaliados (Quadro 3). Durante o período de baixa disponibilidade de água no solo (P2), o valor encontrado para ETc chegou a ser 22,6 vezes menor que o valor máximo observado. Na época de maior disponibilidade de água, maiores valores de água disponível (AD) nem sempre corresponderam a maiores valores de evapotranspiração da cultura, confirmando que a transpiração não é controlada somente pela disponibilidade de água do solo. Considerando a não-existência de grandes diferenças na ETc entre as situações avaliadas (Quadro 3), pode-se inferir que os maiores valores do conteúdo de água observados nas parcelas com maiores espaçamentos ocorreram, principalmente, em função das diferenças na precipitação interna, o que também foi constatado por Stogsdill et al. (1992) para *Pinus taeda* sob três níveis de desbaste.

Calculando os valores médios de evapotranspiração da cultura para as três populações com maior espaçamento e para as três com menor, nos períodos de menor (P1, P2 e P3) e de maior (P5, P6 e P7) disponibilidade de água no solo, obtiveram-se as ETc médias, nas parcelas com plantas com maior espaçamento, de 0,91 e 4,48 mm d⁻¹, e nas parcelas com plantas com menor espaçamento, de 0,74 e 4,58 mm d⁻¹, no período seco e no de maior disponibilidade de água, respectivamente. Tais resultados indicam que, nas parcelas correspondentes às maiores densidades de plantas (menor espaçamento), a ETc tende a ser um pouco

menor no período seco e um pouco maior no período de maior disponibilidade de água no solo. Observa-se que a maior ETc nas parcelas mais densas durante o período de elevada disponibilidade de água não é mantida durante os períodos em que ocorre decréscimo dessa disponibilidade. Os valores médios encontrados neste trabalho para evapotranspiração da cultura no período de menor (0,96) e maior (4,61 mm d⁻¹) disponibilidade de água no solo são menores do que os encontrados por Grieve (1956), citado por Lima (1993), para *E. grandis* aos três anos no inverno (2,1) e no verão (5,7 mm d⁻¹).

Com os valores de umidade determinados, calcularam-se valores de umidade média de camadas acumuladas em várias profundidades nos perfis, para o período total de monitoramento (12/08/94 a 16/02/95). Determinaram-se os coeficientes de correlação (r) entre estes valores de umidade em todos os tratamentos e características de crescimento (por área) e interceptação da radiação (Leite, 1996).

Para todas as características correlacionadas, os maiores valores de coeficientes foram encontrados para as correlações feitas com valores de umidade integrando as camadas até 195 cm de profundidade (Quadro 4), onde foram observadas 81,1% das variações de umidade entre o período seco e o chuvoso na seção de controle total (0 a 285 cm).

Quando se considerou somente a camada superficial (0-45), ou todo o perfil monitorado (0-285), os valores de r foram menores (Quadro 4), evidenciando a menor relação da umidade nas camadas de 0-45 e 255-285 com o crescimento. Os valores de r da camada superficial mostraram que a extração de água pelas raízes nesta camada não difere entre os tratamentos. E, no caso da umidade a maiores profundidades (255-285), os diferentes tipos de horizontes encontrados (Bw, B/C e C) devem ter exercido maior influência no comportamento da

Quadro 3. Evapotranspiração da cultura estimada pelo balanço hídrico em parcelas com eucalipto em diferentes espaçamentos

Espaçamento	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média
m	mm dia ⁻¹							
4 x 5	0,71	0,40	1,73	0,98	2,23	7,18	5,53	2,39
4 x 4	0,64	0,41	2,08	0,87	2,51	6,43	4,46	2,49
4 x 3	0,20	0,29	1,72	1,74	2,20	7,10	4,68	2,56
4 x 2	0,26	0,17	1,77	1,45	2,56	6,63	4,07	2,42
3 x 2	0,63	0,39	1,61	1,75	2,97	4,94	4,01	2,33
2 x 2	0,42	0,12	1,80	1,15	2,34	6,16	4,71	2,38
2 x 1	0,20	0,27	1,21	2,05	2,41	7,84	5,85	2,83
Média	0,44	0,29	1,70	1,43	2,46	6,61	4,76	2,48
Prec. (mm)	0,0	0,0	43,7	0,0	53,9	137,8	121,1	
A.D.A. (m ³ m ⁻³)	0,277	0,263	0,299	0,294	0,268	0,434	0,685	

P1 = corresponde às determinações feitas entre 12 a 24/08; P2 = 24/08 a 13/09; P3 = 28/08 a 13/10; P4 = 13 a 26/10; P5 = 26/10 a 11/11; P6 = 11/11 a 24/11; P7 = 24/11 a 08/12. Prec. = precipitação total em cada período; A.D.A = água disponível atual (θ atual - θ à 1,5 MPa).

água nessas camadas do que a atividade radicular, a qual, também, já deve ter sido bem mais reduzida a esta profundidade.

Os coeficientes de correlação (Quadro 4) também mostraram que: - aumentos no espaçamento de plantio (EA) propiciam maiores conteúdos de água no solo (ao se considerar uma seção de controle mais espessa); - quanto maior a biomassa foliar (F) ou o índice de área foliar (IAF), menor o conteúdo total

de água no solo e maior a biomassa total (BT) produzida, o que pode implicar maior eficiência hídrica das plantas; - a quantidade de radiação interceptada, em razão de maior IAF ou massa foliar, interfere no conteúdo de água no solo. Nas situações em que houve maior interceptação, maior quantidade de energia luminosa foi convertida em energia química (Leite, 1996), levando ao maior crescimento e aumentando a demanda de água ou reduzindo a precipitação efetiva, conforme indicado pelos coeficientes de correlação entre o conteúdo de água no solo e a radiação interceptada.

Quadro 4. Coeficientes de correlação linear simples entre umidade volumétrica em várias camadas do solo, sob povoamentos de eucalipto em diferentes densidades populacionais com algumas características de crescimento e radiação interceptada

Camada (cm)	EA	RI	F	BT	IAF
0- 45	0,59	-0,50	-0,73*	0,47	0,68
0- 75	0,89**	-0,82*	-0,90**	-0,81*	-0,88*
0-105	0,95**	-0,92**	-0,92**	-0,93**	-0,90**
0-135	0,97**	-0,94**	-0,89**	-0,97**	-0,92**
0-165	0,94**	-0,93**	-0,88**	-0,99**	-0,85**
0-195	0,92**	-0,94**	-0,82*	-0,99**	-0,81*
0-225	0,96**	-0,95**	-0,82*	-0,98**	-0,87**
0-255	0,93**	-0,90**	-0,76*	-0,92**	-0,85**
0-285	0,83*	-0,78*	-0,66	-0,80*	-0,78*

EA = espaçamento atual (m²), RI = radiação interceptada (mmol ftons m⁻²), F = matéria seca de folha (t ha⁻¹), BT = matéria seca da biomassa total da parte aérea (t ha⁻¹), IAF = índice de área foliar em (m² m⁻²). *, ** significativos a 5 e 1% pelo teste F.

CONCLUSÕES

1. Para locais onde a manutenção de maior disponibilidade de água no solo é importante, recomenda-se que o cultivo do eucalipto seja feito em menores densidades populacionais.

2. A redução da densidade populacional tende a aumentar o conteúdo de água no solo, principalmente em decorrência do aumento da precipitação pluviométrica interna nessas situações.

3. As plantas de *Eucalyptus grandis*, em nenhuma das situações avaliadas, chegaram a utilizar água do solo que estivesse retida a tensões maiores que 1,5 MPa.

4. Na idade do povoamento em que foram efetuadas as avaliações, o crescimento do *Eucalyptus grandis* parece ser mais dependente da água retida na camada de solo compreendida entre 45 e 255 cm.

LITERATURA CITADA

- GOMES, R.T. Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus spp.* na região de cerrado de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 85p. (Tese de Mestrado)
- KOWALIK, P.J.; BORGHETTI, M.; BUSONI, E.; SANESI, G. & VENDRAMIN, G.G. Measured and simulated water relations in a douglas-fir forest during the development of drought in the Apennines, Central Italy. *For Ecol. Manag.*, 25:181-194, 1988.
- KRAMER, P.J. Water relations of plants. New York, Academic Press, 1983. 489p.
- LEITE, F.P. Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 90p. (Tese de Mestrado)
- LIMA, W.P. Impacto ambiental do eucalipto. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993. 301p.
- LIMA, W.P. & REICHARDT, K. Regime de água do solo sob florestas homogêneas de eucalipto e de pinheiro. Piracicaba, CENA, 1977. 31p. (Boletim Científico, 43)
- MYERS, B.J. & TALSMA, T. Site water balance and tree water status in irrigated and fertilised stands of *Pinus radiata*. *For. Ecol. Manag.*, 52:17-42, 1992.
- OLE-MEILUIDIE, R.E.L. & NJAU, W.L.M. Impact of logging equipment on water infiltration capacity at Olmotonyi, Tanzania. *For. Ecol. Manag.*, 26:207-213, 1989.
- STOGSDILL, W.R.; WITTEWATER Jr., R.F.; HENNESSEY, T.C. & DOUGHERTY, P.M. Water use in thinned loblolly pine plantations. *For. Ecol. Manag.*, 50:233-245, 1992
- STONEMAN, G.L. & SCHOFIELD, N.J. Silviculture for water production in jarrah forest of Western Austrália: an evaluation. *For. Ecol. Manag.*, 27:273-293, 1989.
- ZAKIA, M.J.B. O balanço hídrico, levando-se em conta o sistema solo-planta-atmosfera, na região de Grão Mogol, MG. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. 125p. (Tese de Mestrado)