

Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*

Soil tillage and nutritional status of *Eucalyptus saligna* coppice

Sandra R. Cavichiollo
Renato A. Dedecek
José Luiz Gava

RESUMO: Conservar os resíduos da colheita na superfície do solo reduz a erosão, conserva a umidade e diminui a temperatura do solo; sua incorporação pode melhorar a estrutura e restaurar a fertilidade do solo. Em área de plantio comercial de *Eucalyptus saligna*, pertencente a Cia. Suzano de Papel e Celulose, no município de São Miguel Arcanjo, SP, foram avaliados os efeitos da gradagem (até 20 cm de profundidade) e da sulcagem (até 40 cm) nas características físicas e químicas do solo, no estado nutricional das árvores e no desenvolvimento da rebrota, um ano após o corte raso. As avaliações das árvores foram realizadas imediatamente antes (1997) e um ano após (1998) a implantação dos tratamentos, sendo coletadas amostras de solo e de folhas. Com a gradagem, houve um incremento no DAP das árvores significativamente maior em relação à testemunha, sem revolvimento do solo. Parte do benefício promovido pelo revolvimento do solo pode ser devido à alteração dos atributos físicos do solo: a porosidade total do solo correlacionou-se positivamente com o incremento anual em altura ($r = 0,76$) e DAP ($r = 0,75$). As folhas da rebrota de eucalipto, crescendo em área revolvida por gradagem, apresentaram maior concentração de K, coincidindo com o tratamento que apresentou maior incremento em DAP. Da mesma maneira, os teores de K no solo também foram maiores na área revolvida por gradagem, em função da incorporação de restos da colheita, serapilheira e fertilizantes. A correlação entre o teor de K nas folhas de eucalipto e o teor de Mg no solo aumentou com a incorporação dos resíduos no solo, sendo significativa na profundidade de 20 a 30 cm.

PALAVRAS-CHAVE: Gradagem, Sulcagem, Incorporação de resíduos, Nutrição mineral

ABSTRACT: Maintaining the harvesting residues on soil surface reduces soil erosion, soil water losses and soil temperature, incorporating them into soil can enhance soil structure and soil fertility. On an area of commercial *Eucalyptus saligna* plantation, belonging to Cia. Suzano de Papel e Celulose, at São Miguel Arcanjo County, São Paulo State, Brazil (23° 51' S, 47° 46' W and 715 m above sea level), it was evaluated the effect of harrowing and ripping, on soil physical and chemical characteristics, nutritional status and growth of coppice trees, one year after harvesting. Tree growth was measured at the time of soil tilling and one year later, when also soil and leaf samples were taken. There was a significant increase on tree DBH one year after soil was harrowed. Part of the benefit was due to the increase on total soil porosity, that correlated positively with annual tree increase in height ($r = 0,76$) and DBH ($r = 0,75$). On the same harrowing treatment, coppice leaves and soil showed greater concentration of K, as an effect of harvesting residue and litter incorporation in soil. It was also found a higher correlation coefficient between K concentration in leaves and Mg in the soil at 20-to-30-cm depth, as the incorporation of residue increases.

KEYWORDS: Harrowing, Ripping, Residue incorporation, Mineral nutrition

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas pode ser determinada antes do plantio. Segundo Schoenholtz et al. (2000), muitos métodos de análise de solo frequentemente usados na agricultura têm provado ser pouco úteis em pre-

ver o crescimento de espécies florestais. A maior dificuldade está em determinar com precisão a camada do solo de maior absorção dos nutrientes e da água, para se efetuar a amostragem (Marschner, 1995). Segundo Silveira et al. (2000), a análise foliar é o critério mais apropriado para de-

terminar o estado nutricional das plantas perenes quando comparado com a análise do solo. Para os mesmos autores, os nutrientes devem estar contidos nas folhas, não somente em concentração adequada, como numa relação adequada entre eles.

O processo de difusão suplementa a maior parte do K e quase todo o P para a superfície radicular das plantas (Wolkowski, 1990). A compactação altera a porosidade do solo, sendo que o volume das raízes torna-se restrito pelo aumento da resistência do solo. Isto impede as raízes de alcançarem zonas do solo mais férteis e o P torna-se limitante, porque a sua absorção excede a sua difusão para as raízes (Wolkowski, 1990). Para o K é difícil afirmar se a diminuição na sua absorção é devido a limitações na difusão, absorção ou crescimento das raízes, uma vez que as plantas desenvolvem mecanismo de adaptação a condições adversas (Wolkowski, 1990). A absorção de íons inorgânicos do solo é limitada em solos secos, pois o seu movimento é mais lento. Além disso, a lentidão na transpiração inibe o transporte dentro do xilema, resultando na redução da subida dos nutrientes da raiz para as folhas (Bradford e Hsiao, 1982). Em diversas plantas, os níveis foliares de K, Ca e Mg aumentaram, porém o P (Nuttall, 1976) e o Fe decresceram durante o estresse hídrico (Abdel Rahman et. al., 1971). Por outro lado, Bates (1971) e Viets Jr. (1972) concluíram que a concentração de K usualmente declina, mas o nível de outros minerais varia inconsistentemente, nestas condições.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do revolvimento do solo nas entrelinhas da rebrota de *Eucalyptus saligna*, através do desenvolvimento das plantas em altura e DAP, das modificações de alguns atributos físicos e químicos do solo e do estado nutricional das plantas. Foi também objetivo deste estudo avaliar qual a profundidade de revolvimento do solo resultaria em maior crescimento da rebrota de eucalipto.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido em área de rebrota de *Eucalyptus saligna*, exploração comercial de propriedade da Cia. Suzano de Papel e Celulose, no município de São Miguel Arcanjo, SP, (23° 51' S, 47° 46' O e 715 m de altitude). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho, textura argilosa, relevo suave ondulado. Este talhão apresentava floresta de eucalipto em 2ª rotação, com rebrota de um ano de idade, na época

da instalação do experimento, e o espaçamento era de 3,0 x 1,80 m

A colheita foi realizada com "harvester" e o baldeio foi realizado com um conjunto auto-carregável composto de trator agrícola Massey-Ferguson 610, com carreta e guincho hidráulico. Os resíduos da colheita, como galhos, cascas e folhas, permaneceram espalhados no local do corte, caracterizando o sistema de cultivo mínimo utilizado pela empresa.

O experimento foi conduzido em faixas por sistema de preparo do solo, num conjunto de 5 linhas para cada faixa, com 4 repetições e 125 plantas por parcela. No sistema de colheita adotado pela empresa, num conjunto de 5 linhas é possível encontrar as seguintes situações: linha de corte, de empilhamento de madeira, de baldeio e de deposição da galhada (sem tráfego).

Foram testados os seguintes tratamentos: 1. gradagem na entrelinha a uma profundidade de 20 a 30 cm; 2. sulcagem na entrelinha (subsolador monohaste) na profundidade de 40 cm e 3. testemunha, sem preparo do solo. O preparo do solo na entrelinha chegou a até 0,50 m da linha de plantio e foram realizados no mês de dezembro de 1997, com nível de umidade adequado do solo. Foram feitas avaliações dendrométricas de altura e DAP de todas as árvores do experimento antes (1997) e depois (1998) do revolvimento do solo, nas quatro parcelas de cada tratamento. No primeiro ano da rebrota, foi aplicado a lanço em toda a área experimental 180 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo mais 130 kg.ha⁻¹ da fórmula 20:5:20.

As amostragens do solo foram feitas depois do revolvimento, nas três linhas onde havia maior probabilidade de compactação: linha de corte, empilhamento da madeira e baldeio, em três parcelas de cada tratamento. Foram coletadas amostras indeformadas de solo, através de anéis volumétricos, a 50 cm de distância da linha de plantio, em três profundidades: 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 cm. Os dados de porosidade total foram obtidos com base na umidade volumétrica de saturação do solo (Embrapa, 1997). A porosidade de aeração foi determinada como o volume de poros existente entre a saturação e a capacidade de campo (10 kPa) (Moniz, 1972). As análises do teor de umidade do solo em diferentes tensões, da densidade do solo, assim como a determinação dos macronutrientes no solo, foram feitas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

A amostragem das folhas para análise do estado nutricional seguiu metodologia descrita por Bellote e Silva (2000), sendo as coletas realizadas no terço superior das brotações de cinco cepas por parcela. A determinação dos teores de nutrientes nas folhas seguiu metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974).

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para delineamentos experimentais em faixa. Aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade, para comparação de médias entre as variáveis estudadas. Além dos testes mencionados, foi analisado o modelo de regressão linear simples entre as variáveis estudadas e as possíveis relações existentes entre essas variáveis: modelo linear ($y = a + bx$), determinando-se os coeficientes de correlação. Utilizou-se para os cálculos, o programa "Statistica", versão 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores alturas e DAP da rebrota foram observadas, aos dois anos de idade, no tratamento em que as entrelinhas foram revolvidas com o sulcador (Tabela 1). No entanto, o incremento em DAP foi o que apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos, e foi maior após a gradagem. Vásquez (1987), trabalhando com bracinga (*Mimosa scabrella*), constatou que o crescimento em altura, diâmetro da base e diâmetro da copa das plantas foi influenciado no primeiro ano pelos tratamentos de preparo do solo, porém este efeito desapareceu no decorrer do segundo ano. Em área de reforma com *Eucalyptus grandis*, maior produção de biomassa foi

associada à maior intensidade de preparo do solo aos 38 meses após o plantio, sendo este maior crescimento creditado à maior disponibilização de nutrientes e à redução das plantas competidoras (Gatto et al., 2003). Já para Stape et al. (2002), até 48 meses após o plantio de um clone de *Eucalyptus grandis* x *urophyla* não houve diferença de crescimento para subsolagem comparada ao coveamento, em Latossolo de textura média.

Parte do benefício promovido pelo revolvimento do solo em área de rebrota de eucalipto em Latossolo argiloso pode ser devido à alteração dos atributos físicos do solo, como pode ser observado na Tabela 2. Os valores de porosidade total foram significativamente maiores no tratamento com sulcagem do solo, na maior profundidade amostrada. A porosidade de aeração foi maior na camada superficial na área de gradagem e a densidade do solo foi menor neste mesmo tratamento e também na camada superficial. O sulcador rompe a estrutura do solo a maiores profundidades, sem causar inversão das suas camadas. Já a grade promove maior revolvimento do solo em profundidades menores, aumentando a aeração e desestruturação da sua camada superficial. Segundo Gonçalves et al. (2000), o eucalipto tem desenvolvimento inicial menor e mais heterogêneo em plantios em sistemas de cultivo mínimo (apenas sulcagem) se comparado com sistemas de revolvimento intensivo do solo (gradagem mais sulcagem).

A porosidade total medida na camada de 20 a 30 cm do solo apresentou coeficientes lineares de determinação positivos e maiores do que 50%, quando correlacionada com o incremento em altura e DAP ocorrido do primeiro para o segundo ano de crescimento do eucalipto (Figura 1).

Tabela 1

Crescimento da brotação de *E. saligna* em altura e DAP e incremento 97/98 nestas variáveis, em Latossolo Vermelho argiloso, São Miguel Arcanjo, SP, 1998 (Cavichiollo, 2001).

(*E. saligna* coppice growth on height and DBH and annual increment 97/98 on these variables, on red clay Latosol, São Miguel Arcanjo, 1998)

Sistemas de preparo	Altura		DAP		Incremento 97/98	
	97	98	97	98	Altura	DAP
	m	cm	m	cm		
Grade	5,47a*	8,61a	4,08a	7,56a	3,14a	3,48 a
Sulco	5,65a	8,87a	4,12a	7,58a	3,22a	3,46ab
Testem.	5,37a	8,31a	3,90a	7,05a	2,94a	3,15 b
CV (%)	8,6	6,5	6,9	5,8	6,9	8,0

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 2

Dados de alguns atributos físicos do solo para os diferentes sistemas de preparo do solo, em três profundidades, São Miguel Arcanjo, SP, 1998 (Cavichiollo, 2001).
(Data of some soil physical characteristics to different soil tillage systems, in three soil depth)

Sistemas de preparo	Porosidade total			Porosidade de aeração			Densidade do solo		
	m ³ m ⁻³			kg dm ⁻³					
Profundidade do solo (cm)	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Grade	0,61*	0,59	0,62ab**	0,26a	0,16	0,23	0,79a	0,98	0,89
Sulco	0,60	0,60	0,64a	0,20ab	0,16	0,22	0,88ab	0,99	0,90
Testemunha	0,59	0,58	0,59b	0,17b	0,14	0,18	0,94b	1,03	0,96
CV (%)	7,8	3,8	5,4	38,3	32,5	36,1	11,6	7,0	9,5

* Médias não seguidas por letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

** Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Apesar da eficiência da operação, a colheita mecanizada gera um maior impacto ambiental, principalmente sobre as propriedades físicas do solo. A compactação causada pela pressão exercida pelo tráfego das máquinas e as condições de umidade do solo inadequadas podem comprometer severamente a produtividade do sítio. As características do solo mais seriamente afetadas pela compactação são as que controlam o conteúdo e movimentação de água, ar, calor e nutrientes, uma vez que os macroporos e a continuidade deles são bastante alterados (Lacey, 1993). Preparo do solo é frequentemente usado após as operações de colheita, com o propósito de melhorar as condições físicas do solo para sobrevivência e crescimento das mudas. Segundo Froehlich (1984), os efeitos benéficos da gradagem derivam principalmente do controle de plantas invasoras, aumento da aeração e do suprimento de nutrientes no solo pela matéria orgânica incorporada. Conforme o mesmo autor, apenas a sulcagem profunda permite atingir uma profundidade adequada para melhorar a estrutura do solo, caracterizado como o preparo mais adequado para a descompactação do solo. Mas estes procedimentos são normalmente adotados em reformas dos plantios de eucaliptos, e muito raramente em situações de aproveitamento da rebrota. A correlação entre a porosidade total do solo e o incremento anual em altura e DAP das árvores mostrou-se como um indicador confiável da necessidade de preparo do solo em área de rebrota.

Confrontando com os dados apresentados por Bellote e Silva (2000), observa-se que os teores foliares de alguns nutrientes apresentaram-se adequados (Tabela 3). São exceções o N, que esteve abaixo do teor considerado adequado (concentração de 20 a 22 g kg⁻¹ nas folhas), e o Ca, que esteve pouco acima do adequado (considera-

do entre 3,8 e 6,0 g kg⁻¹) em todos os tratamentos. As folhas das plantas, em que o solo foi sulcado (primeiro para o segundo ano), apresentaram os teores mais elevados da maioria dos nutrientes e em outros estão muito próximos dos valores mais altos obtidos. Esta concentração mais elevada dos nutrientes neste sistema de preparo do solo explica a tendência de maior desenvolvimento das árvores de eucalipto em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). A maior porosidade total do solo, a maiores profundidades, obtida pela sulcagem permite às raízes a exploração de um volume maior de solo e o suprimento adequado de suas necessidades nutricionais.

Tabela 3

Concentração dos macronutrientes nas folhas maduras de *E. saligna*, com dois anos de idade, São Miguel Arcanjo, SP, 1998.
(Macronutrient concentrations in mature leaves of *E. saligna* at two years of age)

Sistemas de preparo	N	K	Ca	Mg	P
	g kg ⁻¹				
Grade	18,1a*	8,2a	6,2a	3,1a	0,98a
Sulco	18,8a	8,1ab	6,9a	3,4a	1,02a
Testemunha	17,9a	7,5b	6,8a	3,0a	1,03a
CV %	7,6	8,6	20,5	23,5	9,8

* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Apenas a concentração de K nas folhas de eucalipto apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos, talvez, pelo baixo valor do coeficiente de variação (CV) observado (Tabela 3), uma vez que a diferença obtida entre a concentração máxima e a mínima deste nutriente é de aproximadamente 10%.

Segundo Tomé Jr. (1997), os teores de K no solo, observados na Tabela 4, podem ser considerados de médio a alto nos primeiros dez centí-

metros da superfície do solo, enquanto os teores de fósforo podem ser considerados como baixos na mesma camada. O teor desses dois nutrientes pode ser considerado como muito baixo na camada de 20 a 30 cm, para todos os sistemas testados. Já os teores de Ca + Mg podem ser classificados, segundo Bartz et al. (1995), como altos na camada superficial do solo e baixos nas camadas mais profundas amostradas. Para o teor destes nutrientes no solo não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de preparo do solo testados. Da mesma maneira que para o teor de nutrientes na folha, o conteúdo de K no solo foi maior na área com uso de grade, principalmente nas camadas subsuperficiais.

Observando-se a Tabela 4, a soma dos teores de K e de Ca + Mg nas três camadas de solo tendeu a ser maior onde foi feito o uso da grade no preparo do solo, sendo que para o P os valores mais altos são muito próximos aos observados neste tratamento. Para o solo preparado com o sulcador, os valores das somas para estes três

nutrientes estiveram geralmente menores ou entre os menores. A incorporação da serapilheira, de plantas invasoras, resíduos da colheita e fertilizantes espalhados na superfície do solo aos 12 meses, obtido com o uso da grade, pode ser responsável por este pequeno aumento do teor dos nutrientes no solo, uma vez que não houve adição diferenciada de fertilizantes para os diferentes sistemas de preparo do solo. Por outro lado, sabe-se que o sulcador monohaste usado não promove uma incorporação de qualquer material, servindo apenas para descompactar o solo na linha de trabalho. Para Gonçalves et al. (2000), os resíduos deixados sobre o solo podem apresentar decomposição mais lenta e gradual e os microorganismos, decompositores desses resíduos, também competem com as árvores por nutrientes. Estes autores afirmam, ainda, que quando o sistema de preparo do solo para plantio não incorpora resíduos, o vigor e a homogeneidade do crescimento das árvores só ocorrem 12 a 24 meses após o plantio, dependendo da qualidade do sítio.

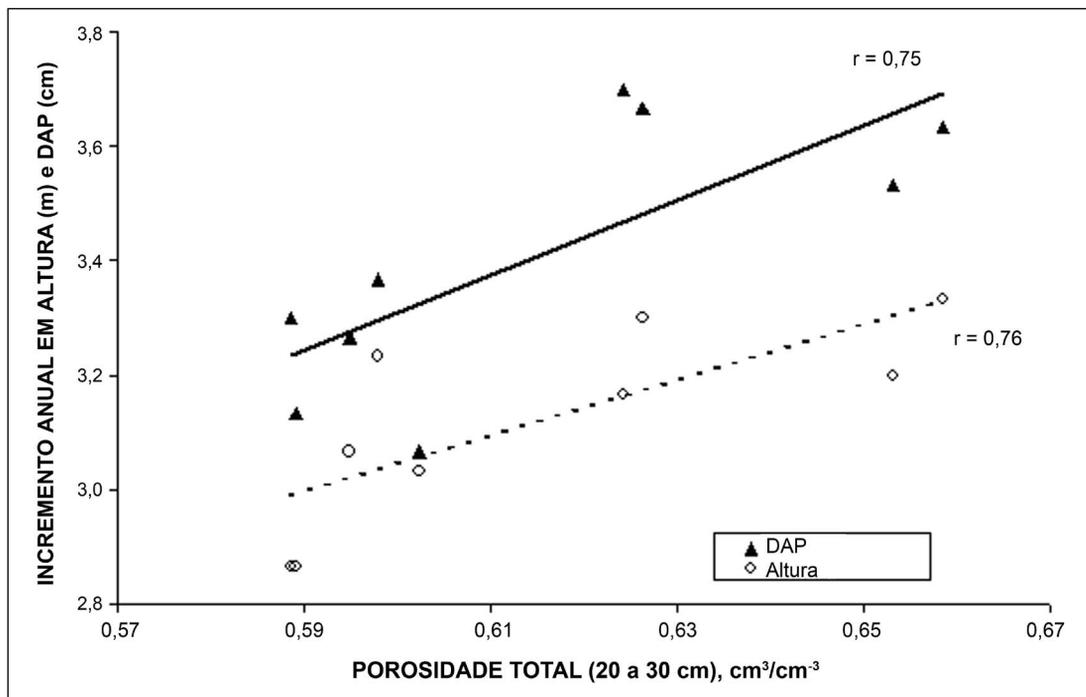


Figura 1

Regressão linear entre porosidade total do solo (na camada de 20 a 30 cm) e incremento anual (1997/98) em DAP e em altura de *E. saligna*, São Miguel Arcanjo, SP, 1998. (3 tratamentos e 3 repetições) (Linear regression between total soil porosity (20 to 30-cm soil depth) and annual increment (1997/98) in *E. saligna* height and DBH (3 treatments and 3 replication))

Tabela 4

Concentração de K, Ca + Mg e P no solo para diferentes sistemas de preparo do solo, em três profundidades, São Miguel Arcanjo, SP, 1998.

(Soil concentration of K, Ca + Mg, and P to different soil tillage systems, in three soil depths)

Camadas de solo cm	K			Ca + Mg			P		
	Grade	Sulco	Test.	Grade	Sulco	Test.	Grade	Sulco	Test.
	m mol _c dm ⁻³								
0 a 10	4,1a*	3,4a	3,0a	88a	73a	77a	2,8a	3,3a	3,6a
10 a 20	2,0a	1,0b	1,0b	28a	35a	36a	2,6a	2,0a	2,2a
20 a 30	1,0a	0,5b	0,4b	24a	25a	24a	1,3a	1,0a	1,0a
Soma	6,1	4,9	4,4	140	133	137	6,7	6,3	6,8

*Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

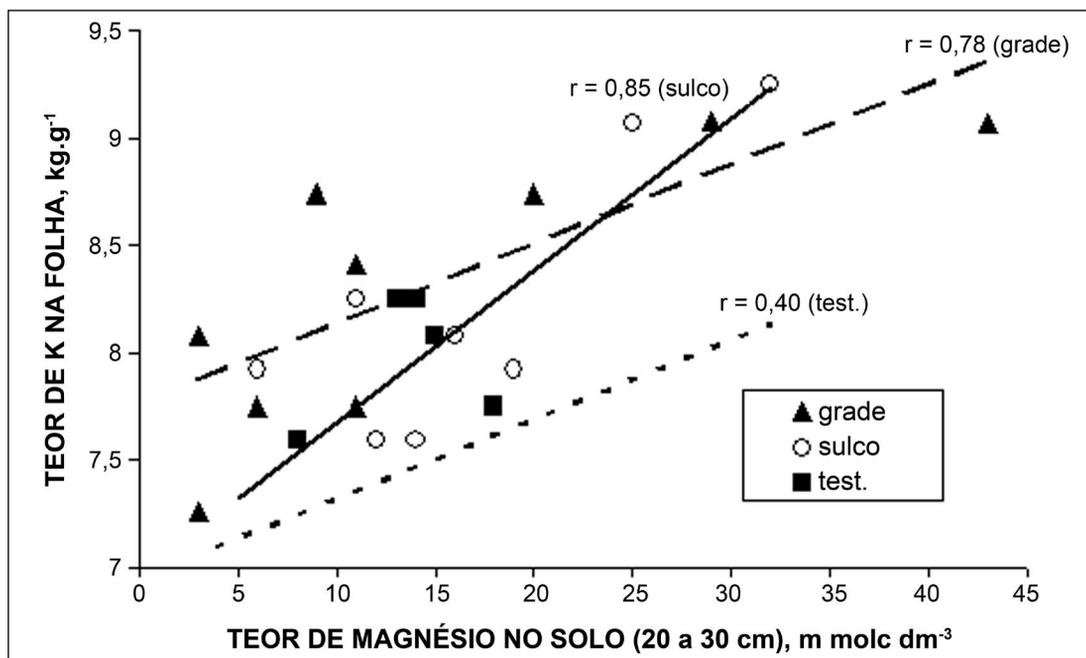


Figura 2

Regressões lineares entre o teor de K na folha da rebrota de eucalipto e o teor de Mg no solo na profundidade de 20 a 30 cm, em diferentes sistemas de preparo do solo, São Miguel Arcanjo, SP, 1998. (3 tratamentos e 3 repetições)

(Linear regressions between K content in eucalyptus coppice leaves and Mg content in soil at 20 to 30 cm depth, to different tillage systems (3 treatments and 3 replications))

Na Figura 2, observa-se que as correlações lineares entre o teor de magnésio no solo e o de potássio na folha apresentaram coeficientes diferentes para cada sistema de preparo do solo. Assim, na testemunha, onde a serapilheira e os resíduos da colheita não foram incorporados ao solo, o coeficiente de correlação foi o menor, sendo, aproximadamente, o dobro na gradagem, onde houve incorporação. Segundo Reis e Reis (1997), em razão do rápido crescimento inicial da brotação, há uma produção de folhas muito maior do

que aquela observada em plantas estabelecidas por sementes, com a mesma idade. Cada broto deixado pela copa comporta-se semelhantemente a uma planta isolada e contribui para aumentar a pressão sobre os recursos do meio. Para Barros et al. (1997), o rápido crescimento das brotações leva a que a capacidade do sítio seja atingida em idades mais jovens, pela existência de um sistema radicular já parcialmente estabelecido. Barros et al. (1997) também afirmam que foram constatadas maiores respostas de crescimento ao potás-

sio pelos povoamentos conduzidos por brotação, sendo que as curvas de acúmulo de potássio na parte aérea e nas raízes eram semelhantes às de acúmulo de biomassa. O revolvimento do solo, tanto pela grade como pela sulcagem, aumentou a decomposição da serapilheira e, com isso, o fornecimento de potássio às raízes, sabendo-se que o potássio é um dos primeiros elementos a ser liberado no processo de mineralização (Gava, 1997). Como a amostragem do solo foi efetuada um ano após o preparo do solo e, conseqüentemente, após a incorporação dos resíduos e serapilheira, a maior parte do K adicionado já foi consumida pela brotação, aparecendo na folha, restando no solo os elementos exigidos em menor quantidade como o Mg. As altas correlações entre o teor de K na folha das brotações de eucalipto com o teor de Mg no solo, mostram que a incorporação de resíduos da colheita contribui de modo significativo para a elevação do teor de nutrientes demandados pela planta no solo.

CONCLUSÕES

- A gradagem do solo aumentou significativamente o incremento anual em DAP da rebrota de *Eucalyptus saligna*, um ano após o revolvimento;
- A porosidade total do solo correlacionou-se positivamente com o incremento anual em altura ($r = 0,76$) e DAP ($r = 0,75$), mostrando o efeito benéfico do revolvimento do solo;
- As folhas da rebrota do eucalipto, crescendo em área revolvida por gradagem, apresentaram maior concentração de K em relação à testemunha, coincidindo com o tratamento que apresentou maior incremento em DAP;
- Os teores de K no solo também foram maiores na área revolvida por gradagem, em função da incorporação de restos da colheita, serapilheira e fertilizantes;
- Com a incorporação dos resíduos ao solo, maior foi a correlação entre o teor de K nas folhas de eucalipto e o teor de Mg no solo, na profundidade de 20 a 30 cm.

AUTORES

SANDRA R. CAVICHILOLO é Aluna de Pós-graduação do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - Setor de Ciências Agrárias – UFPR - Curitiba, PR - E-mail: scavichiololo@yahoo.com.br

RENATO A. DEDECEK é Pesquisador da Embrapa Florestas - Estrada da Ribeira - km 111 - Colombo, PR - 83411-000 - E-mail: dedeck@cnf.embrapa.br

JOSÉ LUIZ GAVA é Responsável pelo Setor de Manejo da Cia. Suzano de Papel e Celulose – Caixa Postal 351 - Suzano, SP - 08675-130 - E-mail: jgava@suzano.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL RAHMAN, A.A.; SHALABLY, A.F.; EL MONAYRI, M.O. Effect of moisture stress on metabolic products and ion accumulation. **Plant soil**, v.34, p.65-90, 1971.
- BARROS, N.F.; TEIXEIRA, P.C.; TEIXEIRA, J.L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.79-88, 1997.
- BARTZ, H.R. et al. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. **Soil science**, v.112, p.116-130, 1971.
- BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.105-133
- BRADFORD, K.J.; HSIAO, T.C. Physiological response to moderate water stress. **Encyclopedia plant physiology, new series**, v.12B, p.263-324, 1982.
- CAVICHIOLLO, S.R. **Efeitos de sistemas de preparo do solo em rebrota de *Eucalyptus saligna***. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. v.1, 210p.
- FROELICH, H.A. Mechanical amelioration of adverse physical conditions in forestry. In: GREY, D.C.; SCHÖNAU, A.P.G.; SCHUTZE, C.J., eds. **Symposium on site productivity of fast growing plantations**. Pretoria: IUFRO, 1984. p.507-521
- GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; NEVES, J.C.L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista árvore**, v.27, n.5, p.635-646, 2003.

- GAVA, J.L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.89-94, 1997.
- GONÇALVES, L.M.; J.L. STAPE; BENEDETTI, V.; MOREIRA, A. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.1-57
- LACEY, S.T. **Soil deformation and erosion in forestry**. Sydney: Forest Division. Forestry Commission of New South Wales, 1993. 62p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. 459 p.
- NUTTALL, W. F. Effect of soil moisture tension and amendments on yields and on herbage N, P, and S concentrations of alfalfa. **Agronomy journal**, v.68, p.741-744, 1976.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.9-22, 1997.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: challenges and opportunities. **Forest ecology and management**, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, L.M.; BENEDETTI, V.A.G., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.59-104.
- STAPE, J.L.; ANDRADE, S.C.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A.C.L. Definição de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.259-296
- TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- VÁSQUEZ, S.F. **Comportamento inicial da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em consórcio com milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com e sem aplicação de fertilizantes minerais em solo de campo na região metropolitana de Curitiba, PR**. Curitiba, 1987. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná
- VIETS Jr., F.G. Water deficits and nutrient availability. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1972. v.3, p.217-239
- WOLKOWSKI, R.P. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: a review. **Journal of production in agriculture**, v.3, n.4, p.460-469, 1990.