

BIOMASSA E COMPRIMENTO DE RAÍZES FINAS EM POVOAMENTO DE *Acacia mearnsii* DE WILD. ESTABELECIDO EM ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE CARVÃO

Denise Ester Ceconi*, Igor Poletto**, Thomé Lovato***, Mauro Valdir Schumacher****

*Eng^a Florestal, M.Sc., Doutoranda em Ciência do Solo, UFSM - dceconi@yahoo.com.br

**Eng. Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, UFSM - igorpoletto@yahoo.com.br

***Eng. Agrônomo, Dr., Depto. de Solos, UFSM - lovato@smail.ufsm.br

****Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFSM - schuma@ccr.ufsm.br

Recebido para publicação: 11/04/2007 – Aceito para publicação: 06/07/2007

Resumo

A mineração de carvão em sistema de lavra a céu aberto ocasiona grande degradação ambiental, principalmente do solo. A revegetação com espécies arbóreas é a melhor forma de recuperar essas áreas. Dentre as espécies potenciais para a recuperação de áreas degradadas no Sul do Brasil, *Acacia mearnsii* destaca-se, em virtude de seu rápido crescimento e capacidade de associação simbiótica. O presente trabalho teve por objetivo estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm de diâmetro), em diferentes profundidades do solo, em povoamento de *Acacia mearnsii*, com 4 anos de idade e espaçamento 4 x 1,5 m, estabelecido em área degradada pela mineração de carvão. O estudo foi realizado no município de Butiá (RS), na empresa Copelmi Mineração Ltda. Foram amostrados quatro monólitos de 25 x 25 x 60 cm. Os monólitos foram divididos em seis perfis geométricos, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 cm. Nessas mesmas profundidades, foram coletadas amostras de solo para análise química e densidade. A separação das raízes do solo foi por meio de um conjunto de duas peneiras (2 e 1 mm de malha) e jatos d'água. Na determinação do comprimento de raízes, foi utilizado o método de intersecção. A biomassa e o comprimento total de raízes finas encontradas para a *Acacia mearnsii* foram de 6.924 kg ha⁻¹ e 433.441 km ha⁻¹, ressaltando que 86,78% e 86,59% desses valores, respectivamente, estavam concentrados nos primeiros 20 cm de profundidade do solo.

Palavras-chave: Áreas degradadas; lavra a céu aberto; recuperação ambiental.

Abstract

Biomass and length of fine roots in Acacia mearnsii De Wild. stands established in a degraded area by coal mining. The coal mining in open pit mining system cause great environmental degradation, mainly of the soil. The revegetation with arboreal species is the best form of recovering these areas. Among the potential species for the degraded areas recovery in the Brazil south, *Acacia mearnsii* stands out, for fast growth and symbiotic association capacity. The objective of present work was to estimate the biomass and the length of fine roots (≤ 2 mm of diameter) in different soil depths in a four years old *Acacia mearnsii* stands with 4 m x 1.5 spaced, established in a degraded area by coal mining. The study was carried out in Butiá (RS), in the Copelmi Mineração Ltda company. Four monoliths of 25 cm x 25 cm x 60 cm were sampled and divided into six geometric sections at depths 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 cm and in these same depths soil samples were collected for chemical and density analysis. Roots were separated from the soil by using a set of two sieves (mesh 2 mm and 1 mm) and water jets. The intersection method was used to determine root length. Fine root total biomass and length found for *Acacia mearnsii* were 6,924 kg ha⁻¹ and 433,441 km ha⁻¹, standing out that 86.78% and 86.59%, respectively, were concentrated in the first 20 cm of soil depth.

Keywords: Degraded areas; open pit mining; environmental recuperation.

INTRODUÇÃO

Acacia mearnsii De Wild. (acácia-negra) é uma espécie florestal que foi introduzida no Rio Grande do Sul, Brasil, na década de 30 do século XX. Atualmente com uma área plantada de

aproximadamente 100.000 ha, envolve cerca de 10.000 pequenos produtores rurais (HIGA; DEDECK, 1999 *apud* CALIL, 2003), compondo um dos maciços florestais do Estado, onde desempenha importante papel socioeconômico.

A acácia-negra é uma árvore de porte médio (MARCHIORI, 1997), podendo atingir uma altura de 20 a 25 m. Em povoamentos comerciais de seis a sete anos de idade, observaram-se alturas em torno de 17 a 18 m (FREDDO, 1997). A densidade básica da madeira é de aproximadamente 0,62 g cm⁻³ (EMBRAPA, 1986 e 1988) e o peso específico em torno de 0,80 g cm⁻³ (CARVALHO, 1994).

Dentre as espécies potenciais para a recuperação de áreas degradadas no Sul do Brasil, *Acacia mearnsii* destaca-se em virtude de seu rápido crescimento e capacidade de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. Tal aspecto facilita o estabelecimento dessas plantas em solos de baixa fertilidade natural ou em acentuado estado de degradação. A espécie tem potencial em produzir biomassa sob condições adversas, implicando a recuperação gradativa da matéria orgânica do ecossistema, aumentando o conteúdo de nutrientes acumulados e, também, as trocas na ciclagem entre os diferentes compartimentos do ecossistema florestal formado (POLETTO *et al.*, 2006).

É consenso que o fator que coordena a distribuição das raízes no solo é o genótipo da espécie, mas ele pode ser influenciado por outros fatores inerentes ao solo, como fertilidade, densidade, disponibilidade de oxigênio, textura, temperatura e, também, pelas circunstâncias em que a espécie se desenvolve, por exemplo, competição e espaçamento entre árvores (GONÇALVES; MELLO, 2000). Apesar disso, pouco se tem estudado sobre o sistema radicular das espécies florestais no Brasil.

Segundo Magalhães; Blum (2000), os sistemas radiculares podem ser caracterizados sob dois aspectos. O primeiro se refere ao hábito radicular, à sua arquitetura, que está relacionada à forma, direção e distribuição das raízes maiores; o segundo se refere à intensidade, que está relacionada às pequenas raízes de absorção. De acordo com Kahn (1977), as “macrorrhizes” são lenhosas, maiores, mais grossas e funcionam na condução de solutos e na expansão (e arquitetura) do sistema como um todo; e as “brachyrhizes” são menores, têm anatomia essencialmente primária, ausência de medula, duração transitória e atuam principalmente na absorção de bioelementos, podendo formar micorrizas.

É sabido que o conhecimento das características do sistema radicular auxilia na definição de práticas de preparo de solo e fertilização (local e época de aplicação), assim como o conhecimento desse sistema é fundamental como fonte de subsídio para explicar processos ecofisiológicos básicos, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral e o balanço hídrico das árvores (GONÇALVES; MELLO, 2000).

Considerando a importância de se conhecer o sistema radicular das espécies florestais, objetivou-se estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), em diferentes profundidades do solo, para povoamentos de *Acacia mearnsii* com 4 anos de idade, estabelecidos em área degradada por mineração de carvão no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

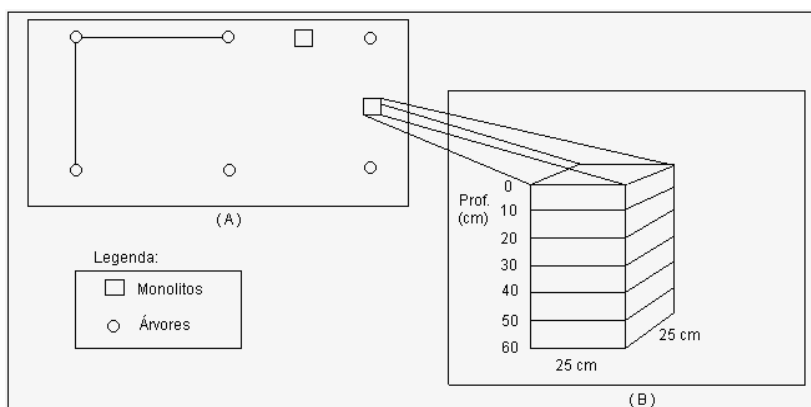
O presente trabalho foi realizado em um povoamento florestal da Empresa Copelmi Mineração Ltda., localizado no município de Butiá (RS), numa área onde anteriormente ocorreu degradação ambiental pela mineração de carvão. Butiá encontra-se localizado entre as coordenadas geográficas de 30° 07' 12" de latitude Sul e 51° 57' 45" de longitude Oeste, a uma altitude de 35 m. Os solos da região estudada são classificados pela Embrapa (1999) como Argissolo Vermelho Distrófico. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical. A precipitação pluviométrica anual é em torno de 1.600 mm, e a temperatura média anual é de 18,2 °C (MORENO, 1961).

Foram realizadas quatro coletas por meio da abertura de trincheiras de 1 m de profundidade no sentido da linha e entrelinha, visando cobrir todas as eventuais variações do sistema radicular, com o auxílio de monólito (25 cm x 25 cm x 60 cm de profundidade). As amostras foram retiradas a cada 10 cm de profundidade, sendo consideradas raízes com diâmetro menor ou igual a 2 mm.

Com o auxílio da moldura e demais ferramentas, retirou-se a primeira camada, de 0-10 cm de profundidade. A mesma metodologia foi utilizada na obtenção das demais camadas. O solo coletado foi

colocado em sacos plásticos com a devida identificação, sendo armazenado em uma câmara fria, onde permaneceu até o momento da separação das raízes do solo.

Na figura 1, pode-se observar como são os monólitos, onde foram coletados e suas dimensões (25 cm x 25 cm x 60 cm, perfazendo 0,0375 m³).



Fonte: Adaptado de Witschoreck *et al.* (2003).

Figura 1. Representação esquemática da amostragem: (A) detalhe da amostragem no povoamento (espaçamento 4 x 1,5 m), monólitos na linha e na entrelinha; (B) detalhe do monólito e suas divisões de 10 em 10 cm, de 0 até 60 cm de profundidade.

Figure 1. Sampling diagram representation: (A) detail of sampling in stands (4m x 1,5 m space), monoliths in the line and between the lines. (B) detail of monolith and its every 10 cm division, from 0 up to 60 cm depth.

Na separação das raízes do solo, foi utilizado um conjunto de duas peneiras sobrepostas, a superior com uma malha de 2 mm e a inferior com malha de 1 mm. O solo foi depositado na peneira superior, em pequenas porções, e mediante jatos d'água e o auxílio foi sendo retirado aos poucos, permanecendo somente as raízes depositadas nas peneiras de 2 e 1 mm. Contudo, observando-se que uma considerável quantidade de raízes muito finas e quebradas eram perdidas, ou seja, passavam pelas duas peneiras, adotou-se a filtração da água proveniente da lavagem com uma peneira de 0,2 mm de malha como estratégia para que não houvesse nenhuma perda de raízes, por menores que fossem.

Depois da separação das raízes do solo e a devida classificação em diâmetro (≤ 2 mm), elas foram armazenadas em geladeira, dentro de vidros com solução de álcool (10%) e devidamente identificadas. Em seguida, determinou-se o comprimento das mesmas, por meio do método de intersecção descrito por Tennant (1975). Para se efetuar esse método, foi confeccionada uma bandeja de vidro, com fundo em tamanho A4 (21 cm x 29,7 cm) e bordas de 1 cm de altura. Na face inferior externa, foi fixada uma malha de 4 mm x 4 mm. Essa bandeja, com água e raízes, foi colocada sobre um *scanner* para obtenção de fotografias.

De posse dessas fotos, foi realizada a contagem das intersecções das raízes com a malha. Então, para a determinação do comprimento de raízes, os valores obtidos mediante contagem foram empregados na seguinte equação: $R = \frac{n}{4 \times N \times G}$, onde: R = comprimento das raízes (em cm); $n = \pi$ (pi), 3,1416; N = número de intersecções e G = unidade da malha (0,4 cm).

Após a determinação do comprimento de raízes, as mesmas foram secadas em estufa de circulação e renovação de ar a 75 °C, por 72 horas. Depois, foram pesadas em balança analítica com 0,01 g de precisão, para se obter a biomassa de raízes.

Nas mesmas trincheiras e profundidades em que foram coletados os monólitos com as raízes, também foram coletadas amostras de solo para análise química e física. Com o anel de volume conhecido, foram coletadas amostras para se determinar a densidade do solo, segundo metodologia da Embrapa (1997), e, com uma espátula, amostras para se determinarem as características químicas no Laboratório Central de Análises de Solo da Universidade Federal de Santa Maria.

A amostragem ocorreu em um talhão de acácia-negra com 4 anos de idade (espaçamento 4,0 x 1,5 m), consorciado com a gramínea braquiária, semeada em outubro de 1999. Para isso, foi feita uma adubação pré-semeadura com Lama-Cal (resíduo industrial com alta concentração de CaO), na quantidade de 6 ton ha⁻¹, NPK 5-20-20 em torno de 200 kg ha⁻¹ e uma adubação de cobertura utilizando uréia na quantidade de 50 kg ha⁻¹. Quando a braquiária já estava exercendo sua função de cobertura e proteção do solo, ocorreu o plantio das mudas de acácia-negra (junho de 2000). A coleta dos dados do presente trabalho foi feita em setembro de 2004.

Após obtenção dos dados, eles foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 6.924 kg ha⁻¹ de raízes finas (≤ 2 mm) em até 60 cm de profundidade do solo, sendo que a maior parte da biomassa está concentrada nos primeiros 20 cm, perfazendo um total de 86,78% (Tabela 1), e diminuindo com a profundidade do solo (Figura 2). Isso pode estar sendo motivado pela menor aeração e disponibilidade de nutrientes nas camadas de solo mais profundas. O teste de comparação de médias indica que a biomassa de raízes nos primeiros 10 cm de solo difere estatisticamente das demais camadas até 60 cm de profundidade.

Schumacher (1995), trabalhando com *Eucalyptus bicoscata*, observou que a biomassa de raízes menores que 2,0 mm diminui com o aumento da profundidade do solo. Isso é confirmado por outros autores em estudos de espécies florestais (ANDRAE; KRAPFEMBAUER, 1983; GONÇALVES, 1995; e LUY *et al.*, 1997).

Observando a tabela 1, percebe-se que a biomassa total de raízes finas foi semelhante nas entrelinhas de plantio, porém diferente nas linhas. Isso pode ter ocorrido em função da heterogeneidade do solo na área, ocorrendo que, no momento da reposição das camadas de solo, pós-mineração, não foram levados em consideração os horizontes originais do solo da área, tendo sido depositado nesse ponto de amostragem L1 uma maior quantidade de argila advinda de maiores profundidades e que muitas vezes apresentava-se em blocos coesos, que podem ter influenciado na menor biomassa de raízes finas.

Tabela 1. Biomassa de raízes finas (kg ha⁻¹) nas diferentes profundidades do solo, para povoamentos de *Acacia mearnsii* com quatro anos de idade.

Table 1. Biomass of fine roots (kg ha⁻¹) in different depths of soil for four years old *Acacia mearnsii* stands.

Profundidade (cm)	Monólito (kg ha ⁻¹)				Média*	σ	CV (%)
	L1	EL1	L2	EL2			
0-10	3.555,2 (66,32)**	4.182,4 (58,14)	5.686,4 (72,41)	5.910,4 (81,07)	4.833,6 a (69,81)	1146,75	23,72
10-20	881,6 (16,56)	1.832,0 (25,47)	1.256,0 (15,99)	729,6 (10,01)	1.174,8 b (16,97)	490,81	41,78
20-30	289,6 (5,40)	524,8 (7,29)	289,6 (3,69)	254,4 (3,50)	339,6 b (4,90)	124,58	36,68
30-40	238,4 (4,45)	307,2 (4,27)	241,6 (3,08)	180,8 (2,48)	242,0 b (3,49)	51,67	21,35
40-50	200,0 (3,73)	204,8 (2,85)	196,8 (2,51)	123,2 (1,69)	181,2 b (2,62)	38,81	21,42
50-60	195,2 (3,63)	142,4 (1,98)	182,4 (2,32)	91,2 (1,25)	152,8 b (2,21)	46,82	30,64
Total	5.360,0	7.193,6	7.852,8	7.289,6	6.924,0	1.082,4	15,63

L1 e L2: monólitos na linha de plantio; EL1 e EL2: monólitos na entrelinha de plantio; * médias não seguidas por mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; σ : desvio padrão; CV: coeficiente de variação; ** valores entre parênteses referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada em relação ao total.

Paulino *et al.* (2003), estudando a distribuição do sistema radicular de árvores de acácia-negra, concluíram que a biomassa de raízes dessa planta é maior nas linhas de plantio do que nas entrelinhas. Isso se deve, provavelmente, ao fato de a área onde foi realizado o estudo anterior a este ter sido um

campo nativo usado para pecuária extensiva, apresentando possível compactação do solo, que no momento do preparo com subsolagem e abertura de sulco para plantio permitiu que as raízes finas se desenvolvessem melhor na linha de plantio. No estudo em questão, isso não foi verificado, principalmente nos primeiros centímetros de profundidade avaliados, mas cabe ressaltar que o solo não apresentava impedimentos quanto à compactação e também o fato de a adubação ter sido realizada a lanço em toda a área e não somente na linha de plantio.

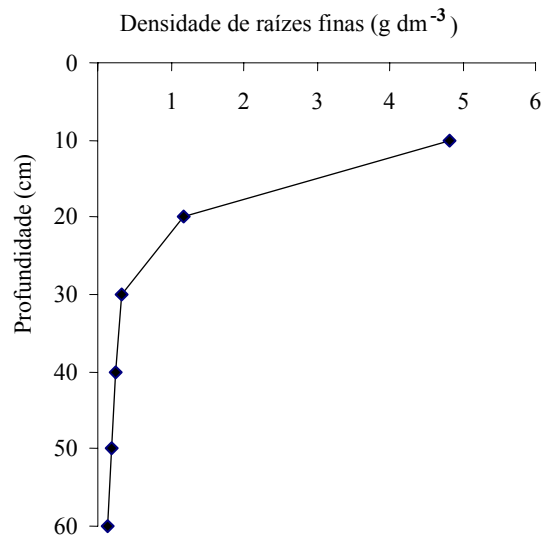


Figura 2. Densidade de raízes finas (g dm^{-3}), no perfil do solo, para *Acacia mearnsii* com quatro anos de idade.

Figure 2. Density of fine roots (g dm^{-3}), in a soil section for a four-years-old *Acacia mearnsii*.

Dados semelhantes aos deste trabalho foram encontrados por Calil (2003). Estudando um povoamento de acácia-negra com seis anos de idade em um sistema silvopastoril, ele encontrou 96,4% da biomassa de raízes finas nos primeiros 20 cm de solo.

Fabião *et al.* (1987), *apud* Witschoreck *et al.* (2003), avaliaram a biomassa de raízes finas de *Eucalyptus globulus* Labill, com diferentes idades (12 e 18 anos). Verificaram que em média 66% da biomassa das raízes finas (≤ 2 mm) se encontravam nos primeiros 20 cm de solo, valores menores que os encontrados para *Acacia mearnsii* neste trabalho e no de Calil (2003).

O comprimento de raízes finas também diminuiu com o aumento da profundidade (Figura 3), sendo que nos primeiros 20 cm encontram-se 86,59% do comprimento total de raízes finas. Os valores chegaram a 433.441 km ha^{-1} de raízes. O teste de comparação de médias indica que há diferenças significativas no comprimento de raízes entre as camadas de solo menos profundas e diferenças não-significativas entre as camadas mais profundas (Tabela 2).

Dados semelhantes a este trabalho foram encontradas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden por Mello *et al.* (1998). Eles verificaram que, tanto para a serapilheira como para o solo, mais de 90% das raízes finas pertenciam à classe de raízes < 1 mm, e cerca de 70% das raízes foram encontradas até 30 cm de profundidade, indicando serem as raízes dessa espessura as principais responsáveis pelos processos de absorção de água e nutrientes. A partir de um estudo de distribuição e crescimento radicular de *Pinus sylvestris* L., Roberts (1976) concluiu que mais de 90% do comprimento radicular consistia de raízes menores que 0,5 mm de diâmetro, confirmando a importância dessa classe de raízes como superfície de contato com o solo. Baldwin e Stewart (1987) constataram que raízes de *Eucalyptus grandis* com diâmetro < 1 mm contribuíram com 85% do comprimento total de raízes.

Para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake com 10 anos de idade, Witschoreck *et al.* (2003) obtiveram valores de comprimento e biomassa de raízes finas (≤ 2 mm) de 27.968,9 km ha^{-1} e 1.451,6 kg ha^{-1} , respectivamente, até a profundidade de 60 cm de solo. Aproximadamente 57,9% da

densidade de raízes finas foram encontrados nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, diminuindo à medida que a profundidade aumentou, havendo pouca variação após os 30 cm, e 76,1% do comprimento das raízes finas encontram-se nos primeiros 30 cm de profundidade de solo.

Tabela 2. Comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), em diferentes profundidades do solo, para povoamentos de *Acacia mearnsii* com quatro anos de idade.

Table 2. Length of fine roots (≤ 2 mm) in different depths of soil for four years old *Acacia mearnsii* stands.

Profundidade (cm)	Monólito (km ha^{-1})				Média*	σ	CV (%)
	L1	EL1	L2	EL2			
0-10	350.829 (71,21)**	300.460 (67,46)	254.246 (67,11)	335.493 (80,48)	310.257 a (71,58)	42.880	13,82
10-20	68.262 (13,85)	78.078 (17,54)	75.400 (19,90)	38.554 (9,25)	65.074 b (15,01)	18.159	27,90
20-30	25.586 (5,19)	35.379 (7,94)	15.715 (4,15)	16.962 (4,07)	23.410 bc (5,40)	9.106	38,90
30-40	21.139 (4,29)	12.120 (2,72)	12.219 (3,22)	12.304 (2,95)	14.446 c (3,34)	4.463	30,89
40-50	15.205 (3,09)	10.664 (2,39)	11.042 (2,91)	8.384 (2,01)	11.324 c (2,61)	2.841	25,09
50-60	11.653 (2,37)	8.667 (1,95)	10.233 (2,71)	5.168 (1,24)	8.930 c (2,06)	2.789	31,23
Total	492.674	445.368	378.855	416.865	433.441	47.976	11,07

L1 e L2: monólitos na linha de plantio; EL1 e EL2: monólitos na entrelinha de plantio; * médias não seguidas por mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; σ : desvio padrão; CV: coeficiente de variação; ** valores entre parênteses referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada em relação ao total.

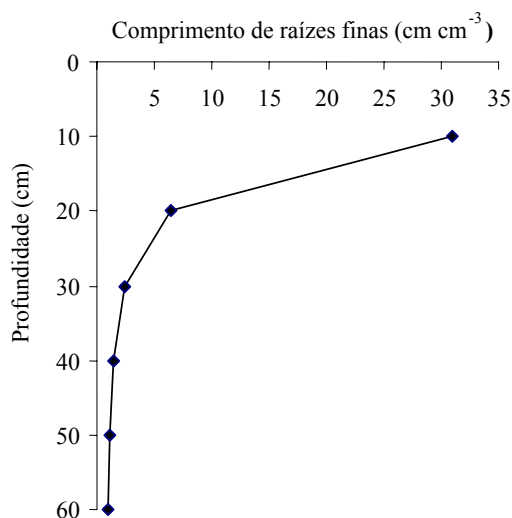


Figura 3. Comprimento de raízes finas (cm cm^{-3}), em diferentes profundidades do solo, para povoamentos de *Acacia mearnsii* com quatro anos de idade.

Figure 3. Length of fine roots (cm cm^{-3}), in different depths of soil for four years old *Acacia mearnsii* stands.

Na tabela 3 podem-se verificar os valores médios das densidades do solo de acordo com as diferentes profundidades coletadas.

Os valores de densidade encontrados para o solo variam de 1,49 a 1,72 g cm^{-3} . Percebe-se que nos primeiros 10 cm de profundidade a densidade é menor, aumentando na camada de 10 a 20 cm, e a partir desta voltando a diminuir gradativamente, mas mesmo assim acusando a presença de raízes nas

camadas mais profundas. Cabe ressaltar que os solos da região geralmente possuem altas densidades. Essa menor densidade superficial do solo é função do maior volume de raízes e da presença de uma camada de serapilheira, que aumentam o teor de matéria orgânica nos primeiros centímetros de profundidade, influenciando nas características físicas do solo, como a densidade. O maior volume de raízes na camada superficial do solo é a explicação para o aumento da densidade do solo na camada de 10 a 20 cm, pois o crescimento radicular exerce compressão sobre o solo, aumentando sua densidade na camada subjacente.

Tabela 3. Valores da densidade do solo (g cm^{-3}) no povoamento de *Acacia mearnsii* em diferentes profundidades.

Table 3. Density values of the soil (g cm^{-3}) in a *Acacia mearnsii* stand in different depths.

	Profundidades (cm)					
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Densidade do solo (g cm^{-3})	1,53	1,72	1,63	1,51	1,50	1,49

A densidade, geralmente, aumenta com a profundidade do perfil, pois as pressões exercidas pelas camadas superiores sobre as subjacentes provocam o fenômeno da compactação, reduzindo a porosidade. Solos arenosos, com densidade aparente superior a $1,75 \text{ g cm}^{-3}$, e argilosos, com densidade superior a $1,55 \text{ g cm}^{-3}$, podem evitar a penetração das raízes das árvores (KIEHL, 1979).

Na tabela 4 podem-se verificar os valores das características químicas do solo no povoamento de acácia-negra estudado, em cada uma das profundidades avaliadas.

Tabela 4. Valores das características químicas do solo da área de estudo.

Table 4. Chemical characteristics values of the soil in the study area.

Componentes	Unidades	Profundidades (cm)					
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Argila	g/kg	415	413	540	633	655	553
Matéria Orgânica	g/dm^3	16,0	11,0	5,0	1,0	1,0	7,0
pH (H_2O)	-	6,6	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1
Índice SMP	-	6,9	5,8	5,7	5,5	5,4	5,3
Fósforo disponível*	mg/dm^3	5,6	1,6	2,0	1,3	1,3	1,5
Cálcio trocável	$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	9,6	3,1	3,4	4,6	4,3	2,7
Potássio disponível*	mg/dm^3	60,0	33,0	58,0	99,0	95,0	68,0
Magnésio trocável		2,6	1,0	1,6	3,9	3,7	3,9
Alumínio trocável		0,0	0,9	1,5	2,6	3,0	2,9
H + Al	$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	1,6	4,4	5,1	6,7	7,3	7,9
CTC efetiva		12,4	5,1	6,6	11,3	11,3	9,6
CTC pH 7,0		14,0	8,5	10,2	15,4	15,6	14,6
Saturação por bases		87,8	50,0	52,3	58,5	51,8	45,8
Saturação por Al (m)	%	0,0	17,8	20,8	19,0	25,0	27,8
Enxofre disponível		12,2	38,6	44,5	39,8	40,7	52,4
Zinco disponível		1,1	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5
Cobre disponível	mg/dm^3	1,7	1,8	1,4	1,0	1,0	1,0
Boro disponível		0,9	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7

* Extrator Melich I.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), o pH é considerado alto nos primeiros 10 cm e baixo nas demais profundidades. O fato de o pH ter sido alto somente nos primeiros 10 cm, provavelmente, se deve à aplicação de Lama-Cal sem incorporação. Os teores de matéria orgânica são baixos para todas as profundidades. O P é considerado como baixo de 0 a 10 cm e como muito baixo nas demais profundidades. O Ca tem uma variação intercalada de alto e médio nas profundidades avaliadas. O K nos primeiros 10 cm é médio, baixo de 10 a 20 cm, novamente médio de 20 a 30 cm e a partir desta profundidade passa a ser alto. O Mg

é alto de 0 a 10 e de 20 a 60 cm e médio de 10 a 20 cm. O S é tido como alto para todas as profundidades. A saturação por bases diminui com o aumento da profundidade, enquanto a saturação por Al aumenta. O Cu e o B são considerados altos em todas as profundidades. O Zn é alto de 0 a 10 cm e de 30 a 60 cm e médio de 10 a 30 cm.

Os dados da análise química da tabela 4 mostram que a fertilidade do solo é de uma maneira geral média ou baixa, e que tende a ser menor com o aumento da profundidade, provavelmente pelo fato de as adubações realizadas terem sido feitas em cobertura, o que ajuda a explicar a grande concentração de raízes nos primeiros centímetros de profundidade.

A proliferação de raízes em ambientes com menor concentração de nutrientes é um comportamento adaptativo bem conhecido. As produções de raízes longas e finas são também características desejáveis para aumentar a eficiência de absorção de nutrientes de baixa mobilidade no solo (BARBER, 1995).

No solo, a quantidade de nutrientes absorvida pela planta é determinada principalmente pela área superficial de suas raízes, e esta é uma característica que apresenta uma excelente correlação com a água absorvida pelas raízes finas. Portanto, o aumento da superfície específica de raízes finas, principalmente na camada superficial do solo, contribui diretamente para a melhor absorção de água e nutrientes pelas plantas (ANGHINONI; MEURER, 1999, *apud* MARTINS *et al.*, 2004).

Martins *et al.* (2004) concluíram em um experimento que o diâmetro e a densidade de raízes finas de *Eucalyptus grandis* com 3 anos de idade diminuem à medida que aumentam as doses de adubação. Reis *et al.* (1985) e Gonçalves (1994) relatam que quanto mais produtivo for o sítio menos desenvolvido será o sistema de raízes finas de absorção. Ao contrário, quando o sítio é pouco produtivo, as plantas, para atenderem a suas demandas nutricionais, precisam de um sistema radicular de absorção mais efetivo (maior área superficial), capaz de absorver, em quantidade e qualidade, os nutrientes do solo.

CONCLUSÃO

Pela distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo, pode-se dizer que a *Acacia mearnsii* tem um bom potencial adaptativo e satisfatório para fins de estabelecimento em locais degradados que possuam características de baixa fertilidade e com necessidade de recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Distribuição de raízes finas do pinheiro bravo (*Podocarpus lambertii*) e do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). In: PESQUISAS austro-brasileiras (1973-1982), Santa Maria: Ed. da UFSM, 1983, p. 56-67.
- BALDWIN, P. J.; STEWART, H. T. L. Distribution, length and weight of roots in young plantations of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden irrigated with recycled water. **Plant and soil**, The Hague, v. 97, p. 243-252, 1987.
- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**: a mechanistic approach. New York: J. Willey, 1995, 414 p.
- CALIL, F. N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvopastoril com *Acacia mearnsii* De Wild., no município de Tupanciretã, RS.** 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas de uso múltiplo na região sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA – CNPF, 1994, p. 289-320.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas de Florestas. Colombo-PR. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Curitiba, 1986. 89 p. (Documentos, n. 17).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas de Florestas. Colombo-PR. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113 p. (Documentos, n. 21).

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro-RJ. **Manual de Métodos de Análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro - RJ. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 396 p.
- FREDDO, A. **Elementos minerais em madeiras de eucalipto e acácia-negra e sua influência na indústria de celulose Kraft branqueada**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- GONÇALVES, J. L. M. **Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas**. 84 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 21., Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 876-878.
- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: **Nutrição e fertilização de florestas**. Piracicaba: IPEF, 2000, p. 221-267.
- KAHN, F. Analyse structurale des systèmes racinaires des plantes ligneuses de la forêt tropicale dense humide. **Candollea**, Geneve, v. 32, n. 2, p. 321-358, 1977.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979, 262 p.
- LUY, A.; GOYA, J. F.; FRANGI, J. L. Distribución de la biomassa aérea y subterránea en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de distintas edades en la región de Concordia, Entre Ríos (Argentina). In: CONGRESSO FLORESTAL ARGENTINO Y LATINO – AMERICANO “FORESTAR Y CRECER,” 12., Posada-Misiones. **Anais...** Posada-Misiones: Asociación Forestal Argentina, 1997. 1 CR-ROM.
- MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. H. distribuição radicular de espécies florestais plantadas na região de Manaus, Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 93-103, 2000.
- MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas**: leguminosas. Santa Maria: Ed. UFSM, 1997, 191 p.
- MARTINS, L. F. da S. *et al.* Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta a aplicação de doses crescentes de biossólido. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 207-218, 2004.
- MELO, S. L. de M.; GONÇALVES, J. L. de M.; OLIVEIRA, L. E. G. de. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 17-28, 1998.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- PAULINO, A. F. *et al.* Distribuição do sistema radicular de árvores de acácia-negra oriundas de mudas produzidas em diferentes recipientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 605-610, 2003.
- POLETO, I. *et al.* Potencial da Acácia-negra na recuperação de solo degradado pela mineração de carvão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., Aracaju, **Anais...** Aracaju: SBCS/UFS, 2006. 1 CD-ROM.
- REIS, M. G. F. *et al.* Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 149-162, 1985.
- ROBERTS, J. A study of the root distribution and growth in a *Pinus sylvestris* L. (Scots pine) plantation in East Anglian. **Plant and Soil**, The Hague, v. 44, p. 607-621, 1976.

SCHUMACHER, M. V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus dunnii* Maiden und *Eucalyptus globulus* Labillardière in Rio Grande do Sul, Brasilien.** 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10 ed. Porto Alegre, 2004. 394 p.

TENNANT, D. A. A test of a modified line intersect method of estimating root length. The **Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, p. 995-1001, 1975.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 177-183, 2003.