



## Densidade e porosidade total de um solo construído compactado em área de mineração de carvão e sua relação com a densidade radicular de gramíneas perenes

**Jordano Vaz Ambus** <sup>(1)</sup>; **Eloy Antonio Pauletto** <sup>(2)</sup>; **Lizete Stumpf** <sup>(3)</sup>; **Luiz Fernando Spinelli Pinto** <sup>(2)</sup>; **Leonir Dutra Junior** <sup>(4)</sup>; **José Miguel Reichert** <sup>(5)</sup>;

<sup>(1)</sup>Pós Graduando em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria/RS. E-mail: jv.ambu@gmail.com; <sup>(2)</sup>Professor da Universidade Federal de Pelotas – UFPel.; <sup>(3)</sup>Doutora pelo Programa de Pós Graduação em Agronomia/Solos - UFPel.; <sup>(4)</sup>Graduando da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPel.; <sup>(5)</sup>Professor da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

**RESUMO:** A compactação em áreas mineradas limita diretamente o crescimento das plantas, pois a maioria das espécies é incapaz de estender suas raízes efetivamente através de camadas de solo com alta densidade. Porém, vários trabalhos mostram a potencialidade de algumas espécies vegetais em revegetar e, conseqüentemente, melhorar as condições edáficas de áreas degradadas. O objetivo do trabalho é avaliar a densidade e a porosidade de um solo construído e compactado e sua relação com a densidade radicular de quatro gramíneas, após 103 meses de revegetação. O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão, sob concessão da Companhia Riograndense de Mineração, localizada em Candiota/RS. Das espécies testadas no experimento, para este estudo foram selecionadas a *Hemarthria altissima*, o *Paspalum notatum* cv. Pensacola, o *Cynodon dactylon* cv Tifton e a *Urochloa brizantha*. Para a determinação da densidade do solo e porosidade total foram coletadas 96 amostras com estrutura preservada nas camadas 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m. A amostragem de raízes foi realizada aos 103 meses de implantação das espécies vegetais, com a coleta de 16 monólitos de solo, com o auxílio de uma placa de pregos. Após 103 meses de revegetação da área experimental, a maior densidade radicular apresentada por todas as espécies vegetais proporcionou menores valores de densidade do solo e maiores valores de porosidade total na camada de 0,00-0,10 m em relação às camadas subjacentes. A *Urochloa brizantha* se destaca como a espécie mais promissora na recuperação da densidade e porosidade total, principalmente em profundidade.

**Termos de indexação:** raízes, mineração, recuperação.

### INTRODUÇÃO

Na maior mina de carvão do Brasil, localizado em

Candiota/RS, a mineração ocorre a céu aberto, abrangendo as seguintes etapas: a) Remoção dos horizontes A, B e/ou C do solo original, que são separados para cobertura final de uma área topograficamente aplainada ;b) Remoção das rochas através da dragline ;c) Extração dos bancos de carvão ;d) Na cava aberta pela extração do carvão, depositam-se os estéreis (mistura de rochas e carvão não aproveitados), que são aplainados por tratores de esteira durante a recomposição topográfica da área; e) Finalizando a recomposição topográfica da área, deposita-se uma camada de solo (horizonte A e/ou B), retirada anteriormente à lavra do carvão, originando assim o “solo construído”.

A compactação do solo em áreas mineradas limita diretamente o crescimento das plantas, pois a maioria das espécies é incapaz de estender suas raízes efetivamente através de elevadas densidades do solo (Daniels & Zipper, 2010). Porém, vários trabalhos mostram a potencialidade de algumas espécies vegetais em revegetar e, assim, melhorar as condições edáficas de áreas degradadas (Silva et al., 2006; Neto et al., 2008; Silva & Corrêa, 2010; Longo et al., 2011; Lima et al., 2012; Stumpf et al., 2014). Para Andrade et al. (2009) a diminuição do grau de compactação pela ação de plantas de cobertura é um processo lento. No entanto, é primordial que haja mais informações sobre quais são as espécies mais eficientes, em curto e médio prazo, para melhorar a qualidade física do solo sob determinadas condições de solo e clima.

Numa avaliação do desenvolvimento de parâmetros físicos do solo em recuperação, com diferentes espécies vegetais nos primeiros 4 anos após mineração de carvão na Alemanha, Krummelbein & Raab (2012) observaram que as propriedades físicas do solo construído nos primeiros anos ainda são muito variáveis. Contudo, os resultados de densidade do solo indicam que é recomendável a escolha de espécies perenes e com enraizamento o mais profundo possível para



melhorar a formação da estrutura do novo solo.

O objetivo do trabalho é avaliar a densidade e a porosidade de um solo construído compactado e sua relação com a densidade radicular de quatro gramíneas, após 103 meses de revegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão, sob concessão da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localizada em Candiota/RS com as seguintes coordenadas geográficas: 31° 33' 56" S e 53° 43' 30" W.

O solo foi construído no início de 2003 e o experimento instalado em novembro/dezembro de 2003, apresentando parcelas de 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m), em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A camada de solo reposta na área experimental é procedente de um horizonte B do solo natural da área pré-minerada, um Argissolo Vermelho Eutrófico típico, como indicado pela classe textural argilosa (304 g kg<sup>-1</sup> de areia, 230 g kg<sup>-1</sup> de silte e 466 g kg<sup>-1</sup> de argila), e pela cor vermelho escura (2,5 YR 3,5/6) na camada de 0,00 a 0,30 m.

Antes da instalação do experimento, em face da área estar extremamente compactada, o solo construído foi escarificado com patola até a profundidade aproximada de 0,15m, seguido por calagem, correspondente a 10,4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT de 100%, e uma adubação de 900 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20, com base em resultados obtidos pela análise de solo. Adubações de 250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15 e 250 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio foram realizadas anualmente na área experimental. Das espécies testadas no experimento, foram selecionadas para este estudo a *Hemarthria altissima*, o *Paspalum notatum* cv. Pensacola, o *Cynodon dactylon* cv Tifton e a *Urochloa brizantha*.

Aos 103 meses (Julho de 2012) de condução do experimento foram coletadas 96 amostras indeformadas, utilizando cilindros de aço (0,050 m de altura e 0,047 m de diâmetro) no centro das camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m (4 blocos x 4 tratamentos x 2 repetições por parcela x 3 camadas), para a determinação da densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt) (Embrapa, 2011).

Foi determinada a Densidade do Solo Crítica (DSc), quando o intervalo hídrico ótimo é igual zero (DSc LLWR) e quando a densidade restringe o crescimento das raízes ou reduz o rendimento da cultura (DSc Rest), por meio das equações geradas

por Reichert et al. (2009). Além disso, definiu-se a Densidade Crítica limitante para o crescimento de raízes de acordo com Jones (1983) (DSc Jones).

A amostragem de raízes também foi realizada aos 103 meses de implantação das espécies vegetais, através do método do monólito Bhöm (1979) com o auxílio de uma placa de pregos (0,40 m de comprimento x 0,30 m de altura x 0,035 m de largura). Uma placa por parcela foi extraída, totalizando 16 placas (quatro repetições por tratamento). Finalizado o processo de lavagem dos monólitos, as raízes foram separadas por camadas (0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m), cortadas e secas em estufa a 65°C por um período de 72h, para obtenção da massa seca de raízes. Pela relação dos valores de massa seca de raízes e o volume de solo que estas ocupavam, obteve-se a densidade radicular de cada camada avaliada.

Os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05) e, havendo efeito de tratamento, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), por meio do software SIGMAPLOT (2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo (Ds) foi menor na camada de 0,00-0,10 m (1,22 Mg m<sup>-3</sup> a 1,45 Mg m<sup>-3</sup>) em relação às camadas de 0,10-0,20 m (1,36 Mg m<sup>-3</sup> a 1,59 Mg m<sup>-3</sup>) e 0,20-0,30 m (1,54 Mg m<sup>-3</sup> a 1,46 Mg m<sup>-3</sup>) (**Figura 1**). O destaque entre as espécies foi a *Urochloa brizantha* que proporcionou a menor Ds (1,22 Mg m<sup>-3</sup>) em relação ao *Paspalum notatum* (1,45 Mg m<sup>-3</sup>) e a *Hemarthria altissima* (1,40 Mg m<sup>-3</sup>) na camada de 0,00-0,10 m, mas não diferiu do *Cynodon dactylon* (1,30 Mg m<sup>-3</sup>). Na camada de 0,10-0,20 m, o solo sob *Urochloa brizantha* também apresentou a menor Ds (1,36 Mg m<sup>-3</sup>) em relação aos demais tratamentos.

Houve maior porosidade total (PT) (0,41 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,49 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) na camada de 0,00-0,10 m em relação às camadas subjacentes, onde a PT variou de 0,37 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,44 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> na camada de 0,10-0,20 m, enquanto que na camada de 0,20-0,30 m a PT variou de 0,38 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,40 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (**Figura 2**).

Esse resultado reflete o maior desenvolvimento radicular apresentado pela espécie (**Figura 3**), principalmente nos primeiros 0,20 m do solo construído, ou seja, a *Urochloa brizantha* apresentou a maior densidade radicular (DR) em relação às demais espécies na camada 0,00-0,10 m e na camada 0,10-0,20 m (respectivamente 13,29 kgm<sup>-3</sup> e 6,00 kgm<sup>-3</sup>). Na camada 0,20-0,30 m não houve diferenças entre tratamentos e a DR variou de 0,60 kgm<sup>-3</sup> a 1,24 kgm<sup>-3</sup>. Naturalmente, as espécies de *Urochloa* apresentam um sistema



radicular muito denso nas camadas mais superiores, com cerca de 50% de sua biomassa total de raízes distribuídas nos primeiros 0,10 m e mais de 80% na camada 0,30 m (Guenni et al., 2002).

Por outro lado, todas as espécies apresentam potencial de recuperação de áreas fisicamente degradadas, pois desenvolveram seu sistema radicular nas camadas subjacentes a 0,10 m (**figura 3**) onde a Ds estava acima da DScLLWR, da DSc Rest e da DSc Jones (**Tabela 1**). Isto evidencia a capacidade das gramíneas perenes estudadas desenvolverem-se em condições adversas.

### CONCLUSÕES

Após 103 meses de revegetação da área experimental, a maior densidade radicular apresentada por todas as espécies vegetais proporcionou menores valores de densidade do solo e maiores valores de porosidade total na camada de 0,00-0,10 m em relação às camadas subjacentes.

As espécies vegetais testadas são indicadas para a recuperação de áreas fisicamente degradadas, com destaque para a *Urochloa brizantha* que proporcionou valores de Ds e Pt mais adequados em profundidade.

### AGRADECIMENTOS

À Companhia Riograndense de Mineração pela concessão da área experimental e apoio técnico.

### REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13:411-418, 2009.

BÖHM, W. Methods of Studying Root Systems. Ecological Studies, 33. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1979. 188p.

DANIELS, W.L. & ZIPPER, C.E. Creation and Management of Productive Mine Soils. Powell River Project Reclamation Guide lines for Surface-Mined Land in Southwest Virginia. 2010.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS. 2011. 230p.

GUENNI, O.; MARIN, D.; BARUCH, Z. Responses to drought of five Brachiaria species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. Plant and Soil, 243:229-241, 2002.

JONES, C.A. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1208-1211, 1983.

KRÜMMELBEIN, J. & RAAB, T. Development of soil physical parameters in agricultural reclamation after brown coal mining within the first four years. Soil & Tillage Research, 125:109-115, 2012.

LIMA, V.M.P.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, N.E.; CURTI, N. & EVANGELISTA, A.R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:71-78, 2012

LONGO, R.M.; RIBEIRO, A.I. & MELO, W.J. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. Bragantia, 70:139-146, 2011.

NETO, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ALMEIDA, J.A.; MAFRA, A.L.; MEDEIROS, J.C.; ALBERTON, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1379-1388, 2008.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop. production in subtropical highly weathered soils. Soil & Tillage Research, 102:242-254, 2009.

SIGMAPLOT. 2004. For windows, version 9.01. Systat Software.

SILVA, G.P.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M.; VENEGAS, V.H.A. Potencialidade de plantas para revegetação de estéreis e rejeito da mineração de ferro da mina de alegria, Mariana-MG. Pesquisa Agropecuária Tropical, 36:165-172, 2006.

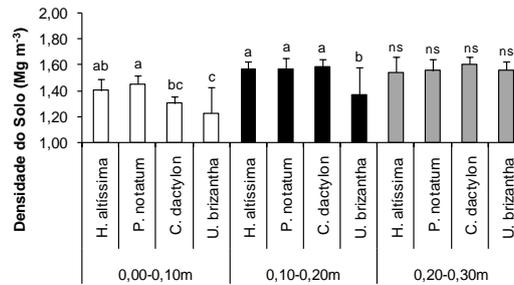
SILVA, L.C.R. & CORRÊA, R.S. Evolução da qualidade do substrato de uma área minerada no cerrado revegetada com *Stylosanthes* spp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14:835-841, 2010.

STUMPF, L., PAULETTO, E.A., FERNANDES, F. F., SUZUKI, L.E.A.S., SILVA, T.S.; PINTO, L.F.S.; LIMA, C.L.R. Perennial grasses for recovery of the aggregation capacity of a reconstructed soil in a coal mining area in southern Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38:327-335, 2014.

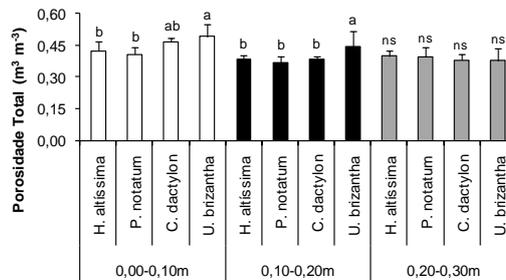
**Tabela 1:** Densidades Críticas de um solo construído em área de mineração de carvão, submetido ao cultivo de quatro gramíneas, nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, definidas por 3 diferentes equações.

		Densidade do Solo (Mg.m <sup>3</sup> )			
		<i>H. altissima</i>	<i>P. notatum</i>	<i>C. dactylon</i>	<i>U. brizantha</i>
0,0-0,10 m	DScLLWR*	1,478	1,489	1,486	1,485
	DScRest**	1,534	1,544	1,542	1,541
	DScJones***	1,479	1,488	1,486	1,485
0,10-0,20 m	DScLLWR*	1,474	1,456	1,474	1,457
	DScRest**	1,531	1,514	1,531	1,515
	DScJones***	1,476	1,461	1,476	1,462
0,20-0,30 m	DScLLWR*	1,495	1,450	1,446	1,505
	DScRest**	1,550	1,508	1,505	1,558
	DScJones***	1,493	1,456	1,454	1,501

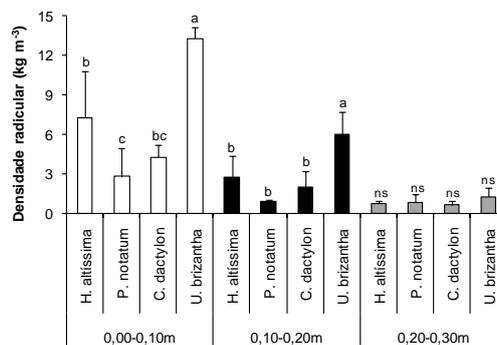
\*DSc LLWR= 0.00078 argila + 1.83803; \*\*DSc Rest = 0.00071 argila + 1.86180; \*\*\*DSc Jones = 0.00063 argila + 1.77000



**Figura 1:** Densidade de um solo construído em área de mineração de carvão, submetido ao cultivo de quatro gramíneas, nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, após 103 meses de condução do experimento. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). ns: não significativo.



**Figura 2:** Porosidade total de um solo construído em área de mineração de carvão, submetido ao cultivo de quatro gramíneas, nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, após 103 meses de condução do experimento. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). ns: não significativo.



**Figura 3:** Densidade radicular de quatro gramíneas, nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m do solo construído, após 103 meses de condução do experimento. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). ns: não significativo.