



Condições químicas de um solo construído em área de mineração de carvão e sua relação com a densidade radicular de gramíneas perenes⁽¹⁾.

Luiz Fernando Spinelli Pinto⁽²⁾; Lizete Stumpf⁽³⁾; Eloy Antonio Pauletto⁽⁴⁾; Flavia Fontana Fernandes⁽⁵⁾; Luciano Geissler⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do Programa de Pós graduação em Agronomia/Solos – UFPel.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS. E-mail: lfsin@uol.com.br; ⁽³⁾ Doutora em Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Agronomia/Solos - UFPel.; ^(4,5) Professor da Universidade Federal de Pelotas; ⁽⁶⁾ Pós-Graduando do Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água-UFPel.

RESUMO: O pH de um solo construído após a mineração de carvão pode mudar rapidamente quando ocorre a exposição dos fragmentos de rochas ou estéreis à água e ao oxigênio. O objetivo do trabalho é analisar as condições químicas de solos construídos após a mineração de carvão e relacionar seus resultados com a densidade radicular de gramíneas após 103 meses de revegetação. O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão, sob concessão da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localizada em Candiota/RS. 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 de condução do experimento foram coletadas 48 amostras deformadas nas camadas 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m para a determinação do pH em água (pH) e da saturação por alumínio (m). A amostragem de raízes também foi realizada aos 103 meses, através da coleta de 16 monólitos de solo, com o auxílio de uma placa de pregos. Os resultados de pH e saturação por alumínio mostrados até o momento indicam que as condições de acidez do solo construído estão adequadas para o desenvolvimento radicular das diferentes gramíneas até a profundidade de 0,20 m; Abaixo dos 0,20 m os valores de pH e m% indicam a presença de drenagem ácida, que pode estar sendo acelerada pela penetração das raízes das gramíneas nesta camada, permitindo uma maior entrada de ar e água nas camadas que contém o estéril.

Termos de indexação: raízes, pH, saturação por alumínio, drenagem ácida.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores reservas de carvão mineral da América Latina (CGEE, 2013) e o consumo nacional se distribui nos setores elétrico (81,1%), papel e celulose (4,9%), petroquímicos (3,3%), alimentos (2,9%), cerâmico (2,6%),

metalurgia e cimento (1,3%) e outros (2,7%) (DNPM (2013).

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 levados por caminhões 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 ou *spoils*, que são uma 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) denominada de terra vegetal pelos técnicos da mineração, retirada anteriormente à lavra do carvão, originando assim o “solo construído”.

O pH de um solo construído pode mudar rapidamente quando ocorre a exposição dos fragmentos de rochas ou estéreis à água e ao oxigênio. Os minerais sulfetados, principalmente a pirita, quando presentes, oxidam para ácido sulfúrico, gerando a drenagem ácida de mina (Finkelman & Gross, 1999) e baixam drasticamente o pH de áreas adjacentes, enquanto os minerais carbonatados tendem a aumentar o pH quando expostos às intempéries climáticas (Daniels & Zipper, 2010). Nunes (2002) ao comparar solos construídos com 1 e 5 anos de idade e um solo natural, observou que os métodos de construção que utilizam pouca espessura de terra vegetal originam solos construídos com grande quantidade de estéreis de mineração (*spoils*), os quais proporcionam um baixo valor de pH (em torno de 2,4).

Segundo Libardi & Van Lier (1999) a extensão do sistema radicular é resultado do potencial genético que a planta possui para desenvolver raízes (alocando uma parte de sua produção em carboidratos para o sistema radicular) e de fatores externos, que podem ser classificados como químicos (pH, elementos tóxicos, nutrientes), físicos (oxigenação, temperatura, umidade, densidade/



porosidade) e biológicos (atividade microbiana, etc.).

O objetivo do trabalho é analisar as condições químicas de solos construídos após a mineração de carvão e relacionar seus resultados com a densidade radicular de 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 m² (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⁻¹ de areia, 230 g kg⁻¹ de silte e 466 g kg⁻¹ 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 0,15 m, seguido por calagem, correspondente a 10,4 Mg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 100%, e uma adubação de 900 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20, com base em resultados obtidos pela análise de solo. Adubações de 250 kg.ha⁻¹ da fórmula 5-30-15 e 250 kg.ha⁻¹ 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 de condução do experimento (Julho de 2012) foram coletadas 48 amostras deformadas nas camadas 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m (4 blocos x 4 tratamentos x 1 repetição por parcela x 3 camadas) para a determinação do pH em água (pH) e da saturação por alumínio (m).

A amostragem de raízes também foi realizada aos 103 meses (Julho de 2012) de implantação das espécies vegetais, através do método do monólito (Bhom, 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). Foi retirada uma placa por parcela, totalizando 16 placas de pregos (quatro repetições por tratamento). Finalizado o processo de lavagem dos monólitos, as raízes distribuídas no monólito 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 caracterização química do solo construído evidencia os efeitos positivos da incorporação de calcário até a profundidade aproximada de 0,15 m, ocorrida antes da implantação das espécies vegetais. De acordo com o CQFS (2004) os valores de pH observados na camada 0,00-0,10 m (**Figura 1**) mostram-se acima do valor de referência para gramíneas perenes de verão (pH>5,5). Na camada abaixo de 0,10 m os valores estão próximos (camada 0,10-0,20 m) ou abaixo (camada 0,20-0,30 m) do valor de referência. Os valores mais baixos de pH na camada 0,20-0,30 m, devem-se a presença de estéreis em algumas repetições dos monólitos, conforme se visualiza na **Figura 2**.



Figura 2 – Monólito de solo com presença de material estéril.

Fragmentos de rochas que contém enxofre reduzido, como o carvão, quando expostos ao ar e à água resultam na produção de grandes quantidades de ácido sulfúrico, que em contato com a água de drenagem e oxigênio gera a água ácida de mina, com valores de pH muito baixos (Brady & Weill, 2013). O processo de sulfurização se evidencia na camada 0,20-0,30 m quando se analisa o pH, entre 3,9 e 4,4, e a saturação por alumínio, com valores entre 35 e 53% (**Figura 3**), considerado alto



segundo CQFS (2004). De acordo com Pinto & Kampf, (2002) a drenagem ácida de mina aumenta a solubilidade da maioria dos metais, gerando grandes quantidades de Al, Fe e Mn, tanto na solução do solo como nas águas de drenagem.

Moreira et al. (2005) observaram que em solos degradados sem adição de calcário, apenas 21,9% das raízes concentraram-se na camada 0,00-0,30 m, além de apresentar uma distribuição desuniforme. No caso do solo construído se verifica que houve uma maior densidade radicular (DR), de todas as espécies, na camada de 0,00-0,10 m em relação às demais camadas (**Figura 4**), com destaque para a *Urochloa brizantha* que apresentou a maior DR em relação às demais espécies na camada 0,00-0,10 m e na camada 0,10-0,20 m (respectivamente 13,29 kg.m⁻³ e 6,00 kg.m⁻³). No entanto, conforme verificado anteriormente, os valores de pH e a saturação por alumínio se encontram em condições inadequadas somente abaixo da camada de 0,20-0,30 m, indicando que na camada de 0,10 a 0,20 m um problema físico pode estar afetando o desenvolvimento radicular em profundidade. Por outro lado, mesmo na presença de estéreis se observa o desenvolvimento de raízes.

CONCLUSÕES

Os resultados de pH e saturação por alumínio mostrados até o momento indicam que as condições de acidez (pH e m%) do solo construído estão adequadas para o desenvolvimento radicular das diferentes gramíneas até a profundidade de 0,20 m;

Abaixo dos 0,20 m os valores de pH e m% indicam a presença de drenagem ácida, que pode estar sendo acelerada pela penetração das raízes das gramíneas nesta camada, que assim permitem uma maior entrada de ar e água nas camadas que contém o estéril.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Riograndense de Mineração pela concessão da área experimental e apoio técnico; à CAPES pela concessão das bolsas de estudo e à UFPel pelo incentivo e estrutura.

REFERÊNCIAS

BRADY, N.C.; WEILL, R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3ª Ed. Editora Bookman, 2013. 716p.

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

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035. 2013. Disponível em: www.cgee.org.br/atividades/redirect/7877

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina; SBCS-NRS: Brasil, 10 ed., Porto Alegre, 2004. 400p.

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. Disponível em <http://www.ext.vt.edu/pubs/mines/460-121/460-121.html>

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Carvão Mineral 2013. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/carvao-mineral-sumario-mineral-2014/view>

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

FINKELMAN, R.B.; GROSS, P.M.K. The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. International Journal of Coal Geology, 40:91-101, 1999.

LIBARDI, L.L.; Van LIER, Q. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracajú/SE. Anais.... EMBRAPA – Tabuleiros Costeiros. 1999. p. 47-56.

MOREIRA, J.A.A.; OLIVEIRA, I.P.; GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. Pesquisa Agropecuária Tropical, 35:155-161, 2005.

NUNES, M.C.D. Condições físicas de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota-RS. Pelotas-RS. 130f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Pelotas, 2002.

PINTO, L.F.S.; KÄMPF, N. Contaminação dos solos construídos. In: TEIXEIRA, E.C. & PIRES, M.J.R. Meio ambiente e carvão. Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre, 2002. p.69-92

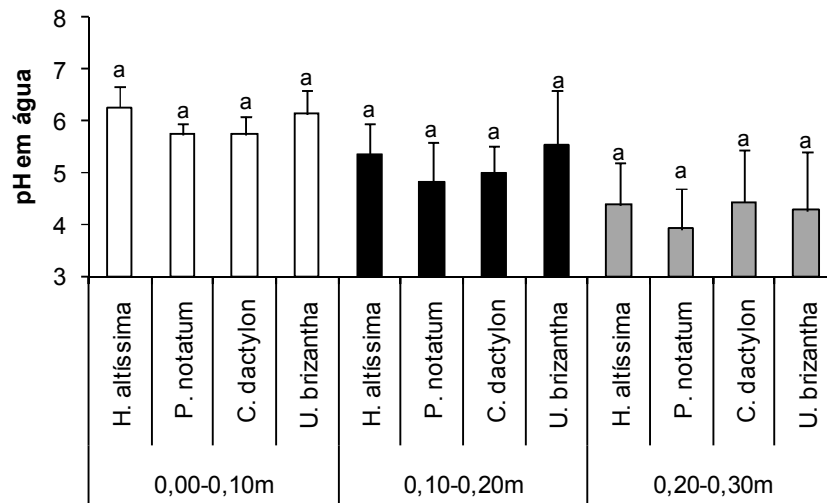


Figura 1 – : Valores médios de pH em água de um solo construído, submetido ao cultivo de gramíneas. Letras minúsculas iguais nas barras em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

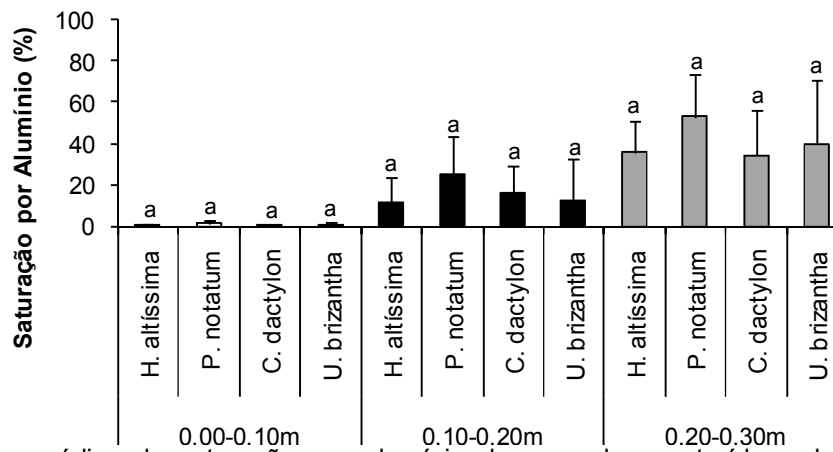


Figura 3 – : Teores médios de saturação por alumínio de um solo construído, submetido ao cultivo de gramíneas. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

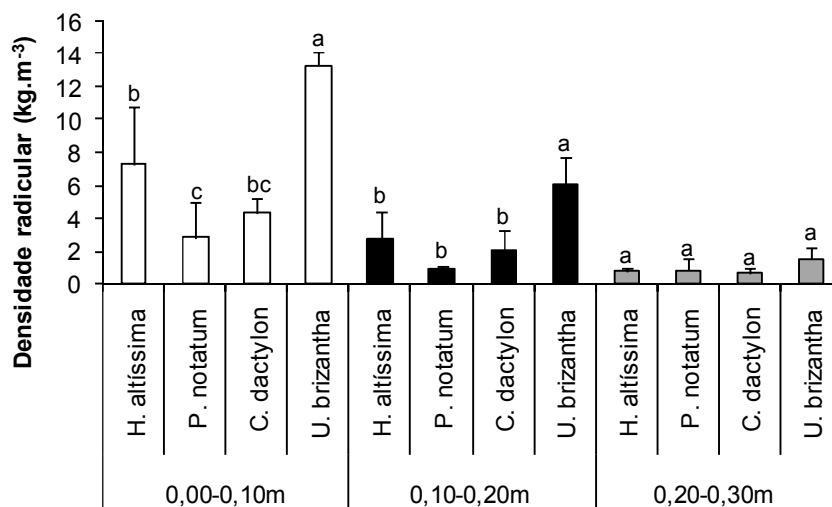


Figura 4 – Densidade radicular de gramíneas do solo construído. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).