

## ATRÍBUTOS QUÍMICOS EM UM SOLO CONSTRUÍDO REVEGETADO COM GRAMÍNEAS PERENES DE VERÃO EM ÁREAS MINERADAS DE CARVÃO

JOSÉ VITOR PEROBA ROCHA<sup>1</sup>; MARIA BERTASO DE GARCIA FERNANDEZ<sup>2</sup>;  
LIZETE STUMPF<sup>3</sup>; GIOVANA MILECH ROBE<sup>4</sup>; PABLO MIGUEL<sup>5</sup>; LUIZ FER-  
NANDO SPINELLI PINTO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – Graduando em Agronomia/FAEM – [jvitorperoba@gmail.com](mailto:jvitorperoba@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – Doutoranda PPG MACSA – [mariabgfernandez@gmail.com](mailto:mariabgfernandez@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – Professora Deptº. de Solos/FAEM – [zete.stumpf@gmail.com](mailto:zete.stumpf@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – Graduada em Agronomia/FAEM – [giovanamilechrobe@gmail.com](mailto:giovanamilechrobe@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – Professor Deptº. de Solos/FAEM – [pablo.ufsm@gmail.com](mailto:pablo.ufsm@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – Professor Deptº. de Solos/FAEM – [lfspin@uol.com.br](mailto:lfspin@uol.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Situada no município de Candiota, Rio Grande do Sul, encontra-se a maior jazida de carvão mineral do país, com 38% de toda a reserva nacional (ANEEL, 2008). Na jazida de Candiota a forma de extração do carvão é em lavra a céu aberto, o que consiste na retirada dos horizontes superficiais do solo (A, B e/ou C), seguidos da remoção das rochas e dos bancos de carvão. Ao término da extração a cava aberta pela mineração é preenchida com os materiais anteriormente extraídos. Nesse sentido, os horizontes retirados são realocados para recompor a topografia final da área degradada, originando um solo construído (REGINATO, 2020). Essa forma de extração, se caracteriza por ser altamente impactante ao meio ambiente, devido a retirada de grandes volumes de solos e rochas, que acarretam em alterações físicas, químicas e biológicas ao longo do perfil do solo (FISHER; FISHER, 2006). Isto torna-se difícil a recuperação da qualidade destes solos, e logo, o reestabelecimento de vegetação.

É comum nos solos construídos, a presença do mineral pirita ( $\text{FeS}_2$ ) devido ao retorno de pedaços de carvão não aproveitados para a cava de mineração. A presença deste mineral sulfetado pode promover a drenagem ácida da mina (DAM) destas áreas. Isto se dá pela exposição desses sulfetos ao oxigênio atmosférico resultando, através da oxidação desses minerais, ocorra a formação de ácido sulfúrico, o que gera condições de extrema acidez (PINTO & KAMPF, 2002).

Visando a revegetação nas áreas de mineração de carvão, os atributos químicos de solos impactados pela mineração devem ser corrigidos, além de auxiliar em melhorias nos aspectos físicos e biológicos do solo. Nessa perspectiva, a utilização de espécies vegetais é utilizada como uma das estratégias na recuperação dos solos minerados nos países que exploram esse minério. Nesse sentido, a utilização de plantas de cobertura que produzem grande quantidade de matéria seca, com sistema radicular profundo e em grande quantidade, são importantes na ciclagem de nutrientes, aumento da matéria orgânica e controle de erosão nessas áreas fortemente impactadas (FERNANDEZ, 2022).

Para garantir o pleno desenvolvimento das plantas que irão contribuir na recuperação de áreas degradadas, os atributos químicos devem ser monitorados. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução dos atributos químicos de um solo construído após a mineração de carvão, aos 8,6 e 17,5 anos de revegetação com diferentes gramíneas perenes de verão.

## 2. METODOLOGIA

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

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, e com parcelas de 20 m<sup>2</sup> (5 x 4 m). O solo foi recomposto topograficamente no início de 2003, e a camada de solo adicionada sobre os rejeitos de rochas e carvão, era composta majoritariamente de um horizonte B (textura argilosa), retirado de um Argissolo Vermelho Eutrófico típico. Antes da instalação das espécies vegetais, foi realizada a calagem correspondente a 10,4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 100% e adubação com 900 kg ha<sup>-1</sup> de NPK na fórmula 5-20-20 baseado em resultados obtidos pela análise de solo (STUMPF, 2015).

As espécies vegetais utilizadas foram gramíneas perenes de verão: *Hemarthria altíssima* (Hemarthria), *Paspalum notatum* cv. Pensacola (Pensacola) e *Cynodon dactylon* cv Tifton (Tifton), que foram implantadas em novembro/dezembro de 2003. Anualmente são realizadas adubações de manutenção de 250 kg ha<sup>-1</sup> de NPK da fórmula 5-30-15 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio.

As avaliações dos atributos químicos do solo construído foram realizadas em julho de 2012 (8,6 anos de revegetação) e em maio de 2021 (17,5 anos de revegetação). Em cada um dos períodos avaliados, foram retiradas um monólito de solo, com auxílio de uma pá de corte, em cada uma das parcelas de cada bloco, totalizando 12 amostras de solo na camada de 0-10 cm (3 espécies de gramíneas perenes x 4 blocos x 1 repetição por parcela). As análises químicas realizadas foram o pH do solo em água, os teores de cálcio, de magnésio, de potássio, de fósforo, de sódio e de alumínio seguindo metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Com base nos resultados das análises foram calculadas a saturação por bases (V%), a capacidade de troca de cátions potencial (CTC pH 7) e a saturação por alumínio (m%). A saturação por bases calculada pela soma das bases Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> e a saturação por alumínio de acordo com o teor de Al<sup>+3</sup> presente no solo. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Química do Solo do Departamento de Solos/FAEM/UFPEL.

A evolução dos atributos químicos nos diferentes períodos avaliados foi determinada por meio do teste “t” pareado ao nível de 5% de significância, feita pelo software SIGMAPLOT®.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados apresentados na Tabela 1 é possível observar que os valores de pH em todos os tratamentos não diferiram estatisticamente ao longo dos anos. Isso pode ser explicado pelo efeito residual da calagem realizada a quase duas décadas na área e incorporado de 0-15 cm. Contudo, já se observa uma tendência de queda nos seus valores. Os valores de pH mais recente oscilaram entre 5,25 e 5,30, isto é, estão fora do recomendado para gramíneas de estação quente (CQFS, 2016). Esta diminuição nos valores de pH ao longo do tempo era esperada, visto que os anos de revegetação da área e a adubação de manutenção realizada anualmente, contribuem para liberam de H<sup>+</sup> na solução do solo, o que tende a acidificar o solo

A saturação por bases (V%) expressa a parte da CTC ocupada por cálcio, magnésio e potássio, isto é, há de se esperar uma relação de seus valores com o

pH do solo (RAIJ, 2011). Os valores de saturação por bases de todos os tratamentos diferiram estatisticamente ao longo dos anos, com redução nos valores aos 17,5 anos de revegetação (Tabela 1). Contudo, apesar da redução significativa ao longo do tempo, todos os tratamentos ainda promovem uma alta saturação por bases do solo ( $V > 50\%$ ).

Essa redução do V% ao longo do tempo acompanha a tendência de redução do pH. Apesar de ainda não significativa, a redução média do pH no solo foi de 9,2% dos 8,6 aos 17,5 anos de revegetação, enquanto que a redução da saturação por bases de 23,3% na *Hemarthria*, 16,5% na *Pensacola* e 17,5% no *Tifton* ao longo dos anos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios de pH em água, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e Capacidade de troca de cátions potencial (CTC pH 7) de um solo construído e revegetado por gramíneas perenes de verão.

Tratamento	pH H <sub>2</sub> O		V (%)		m (%)		CTC pH 7 (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	
	2012	2021	2012	2021	2012	2021	2012	2021
<i>Hemarthria</i>	6,02 <sup>ns</sup>	5,30	86,11 A	66,07 B	0,47 <sup>ns</sup>	0,98	9,41 B	16,58 A
<i>Pensacola</i>	5,85 <sup>ns</sup>	5,29	81,65 A	68,18 B	1,18 <sup>ns</sup>	1,11	9,92 B	15,93 A
<i>Tifton</i>	5,58 <sup>ns</sup>	5,25	79,26 A	65,40 B	0,51 <sup>ns</sup>	1,00	10,27 B	15,92 A

Médias seguidas por letras diferentes na linha indicam que os valores diferem estatisticamente pelo teste “t” pareado ( $p < 0,05$ ).

Para a saturação por alumínio (m%) não houve diferença significativa entre os períodos avaliados e, independente da espécie vegetal, o solo construído apresentou valores bem abaixo de 10%, faixa essa que pode gerar algum problema no desenvolvimento radicular das plantas (FERNANDEZ, 2022). Nessa mesma área de estudo Stumpf et al. (2016) encontraram na camada de 20-30 cm valores superiores a 20%, considerado alto de acordo a CQFS (2016), possivelmente devido a geração de DAM nessa camada do solo.

Houve diferença estatística nos resultados da capacidade de troca de cátions potencial (CTC pH 7) do solo construído ao longo dos anos de revegetação. Dos 8,6 aos 17,5 anos de revegetação a CTC pH 7 aumentou em 76% no solo sob a *Hemarthria*, 60% no solo sob a *Pensacola* e em 55% no solo sob o *Tifton*. Esse aumento se deve, possivelmente, ao aumento da matéria orgânica do solo (MOS), proveniente do aporte de biomassa das espécies vegetais ao longo dos anos, contribuindo para o aumento de cargas negativas dependente de pH e, conseqüentemente, elevando a CTC pH 7. Nessa perspectiva, Fernandez (2022) observou melhoria no Carbono da Biomassa Microbiana e Respiração Basal nesse mesmo solo construído, bem como, evidenciou correlações positivas entre a biologia e frações da matéria orgânica do solo (MOS) revegetado com as gramíneas perenes já supracitadas, corroborando com as melhorias evidenciadas pelo aporte de resíduo vegetal gradual e estabelecimento das espécies nessas áreas.

#### 4. CONCLUSÕES

Após 17,5 anos de revegetação com gramíneas perenes de verão, o solo construído apresentou um aumento na CTC potencial pelo incremento da biomassa vegetal depositada ao longo dos anos sob a superfície do solo, o que possibilitou

possivelmente um incremento nos teores de matéria orgânica do solo. A calagem realizada no início do experimento ainda se mostra uma estratégia importante para a manutenção dos teores de alumínio na faixa adequada ao desenvolvimento de plantas ao longo dos anos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. edição – Brasília: Aneel, 2008. 236p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 ed. Comissão de Fertilidade do Solo/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Nucleo Regional Sul. Santa Maria, 2016. 376 p.

FERNANDEZ, M. B. G. **Avaliação de atributos químicos e biológicos na recuperação de solo minerado na região de Candiota-RS**. 2022. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, 2022. 71 p.

FISCHER, A.; FISCHER, H. Restoration of forests. In: VAN ANDEL, J., ARONSON, J. **Restoration Ecology**. Malden, MA: Blackwell, 2006. p. 340.

PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. Contaminação dos solos construídos. In: PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. **Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre: FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002, p.69-92.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**, 2011. 420p.

REGINATO, J. L. **Efeito da aplicação de FGD-gesso sobre os atributos químicos de solos impactados pela mineração de carvão e de um Planossolo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, 2020. 125 p.

STUMPF, L. Desenvolvimento radicular de gramíneas perenes e sua eficiência na recuperação de atributos físicos de um solo construído compactado em área de mineração de carvão. Tese (Doutorado em Solos). **Programa de Pós - Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel** - Universidade Federal de Pelotas, 2015.

STUMPF, L. et al. Características químicas de um solo construído e seus efeitos no desenvolvimento radicular de gramíneas perenes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 4, p. 343-349, 2016.

TEDESCO, M. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.