

AValiação DA TOXICIDADE DE LIXIVIADO PROVENIENTE DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM OZÔNIO NA APLICAÇÃO EM CAPIM-SUDÃO (*Sorghum sudanense*)

JOSÉ VITOR PEROBA ROCHA¹; BRUNA LEMONS BRISOLARA²; LUIS EDUARDO TORMA BURGUEÑO³; PABLO MIGUEL⁴; LIZETE STUMPF⁵; LUIZ FERNANDO SPINELLI PINTO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – Graduando em Agronomia/FAEM – jvitorperoba@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - Mestranda PPG MACSA – brunalemons.b@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – Doutorando PPG MACSA – eduardo.burgueno@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – Professor Deptº. de Solos/FAEM – pablo.ufsm@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – Professora Deptº. de Solos/FAEM – zete.stumpf@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – Professor Deptº. de Solos/FAEM – lfspin@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

No município de Candiota, no estado do Rio Grande do Sul (RS), encontra-se a maior jazida de carvão mineral do Brasil, que representa 38% de toda a reserva nacional de carvão (ANEEL, 2008). A extração nessa mina se dá por lavra a céu aberto, que é capaz de causar grandes impactos ao meio ambiente, sendo uma fonte altamente poluidora, através principalmente de remoção de grandes volumes, tanto de rochas, quanto de solos, resultando em alterações físicas, químicas e biológicas desses perfis (FISCHER & FISCHER, 2006). Nesse sentido, os atributos químicos de solos impactados pela mineração devem ser corrigidos para revegetação nessas áreas, ajudando, conseqüentemente, em melhorias nos aspectos físicos e biológicos.

Aproveitando uma das cavas exauridas da área minerada, está situado o Aterro Sanitário Metade Sul que é de responsabilidade da empresa Meioeste Ambiental, o qual recebe resíduo sólido urbano de cerca de 30 cidades da Região da Campanha e Sul do RS, originando cerca de 100 m³.dia⁻¹ de efluentes. O lixiviado gerado pela decomposição dos resíduos tem grande potencial toxicológico e patogênico capaz de contaminar solos, águas, lençol freático e águas superficiais quando mal manejado (BIDONE & POVENELLI, 1999). Dessa forma, quando o lixiviado é adequadamente tratado, visando reduzir o seu potencial de metais pesados, poluentes e patógenos, além de patógenos, pode ser utilizado como fertilizante e/ou condicionar para incrementar o processo de maior atividade da biota do solo e aporte de nutrientes para as plantas, contribuindo para recuperação das áreas degradadas.

Nessa perspectiva, estudos sobre a utilização de efluente de aterros sanitários na produção agrícola indicam grande eficácia quando se visa o valor nutricional que este possui para o desenvolvimento de plantas, sem que prejudique a qualidade dos solos. Dessa forma, a aplicação de efluente, com os devidos tratamentos e quantificação dos nutrientes existentes, como fonte de matéria orgânica (MO), apresenta-se como uma alternativa promissora na recuperação de áreas degradadas, pois possibilita o aporte ao solo de carbono orgânico dissolvido e nutrientes (ROCHA et al., 2021). Sendo assim, o efluente deve ser submetido a tratamento de processos físico-químico e biológico, com objetivo de que o mesmo esteja dentro dos critérios impostos pela legislação em vigor para o lançamento no solo.

De acordo com Costa et al. (2015), uma forma de tratamento que tem sido utilizada é o uso de Processos Oxidativos Avançados (POA) para o tratamento do

lixiviado, com o objetivo de aumentar a biodegradabilidade e degradar quimicamente a matéria orgânica recalcitrante. A aplicação dos efluentes tratados no solo pode possibilitar em curto e médio prazo a redução da acidez, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), formação de agregados, maior atividade microbiana, além de minimizar custos na recuperação das áreas mineradas.

Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do lixiviado bruto e tratado por ozonização, proveniente do aterro sanitário de Candiota, sobre o comprimento da raiz, comprimento aéreo e massa úmida das plântulas de *Sorghum sudanense*, espécie gramínea utilizada na recuperação da área minerada.

2. METODOLOGIA

O lixiviado utilizado no experimento é proveniente do Aterro Sanitário Metade Sul, instalado em Candiota/RS. O mesmo foi submetido ao ensaio de fitotoxicidade realizado no Laboratório de Análise e Águas e Efluentes do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), afim de avaliar o potencial poluidor do efluente líquido gerado pelo Aterro Sanitário, sobre a gramínea *Sorghum sudanense*, espécie utilizada na recuperação da área de mineração de carvão da Companhia Riograndense de Mineração (CRM). Para o teste de fitotoxicidade foi utilizado o lixiviado tratado por meio do sistema de ozonização sob tempos diferentes, sendo eles: 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas e 8 horas, utilizando 2,7 mg/min de O₃ em 250 ml de efluente. Além destes tratamentos, foram incluídos e avaliados os tratamentos contendo o efluente bruto e o outro com água destilada, este último compondo o tratamento testemunha. Para cada tratamento (8 no total) foram realizadas 3 repetições.

O teste de fitotoxicidade das diferentes doses de lixiviado foi realizado seguindo a metodologia da Regra para Análise de Sementes utilizando sementes da espécie *Sorghum sudanense*. As sementes foram colocadas em pré-resfriamento a 10° C durante 5 dias para superar a dormência (BRASIL, 2009). A quebra da dormência foi necessária para garantir que as sementes estivessem em condições ideais de germinação, uma vez que a dormência natural poderia impedir ou atrasar a germinação, comprometendo a precisão dos resultados do teste fitoindicativo.

Posteriormente à superação da dormência, 10 unidades de sementes foram colocadas em placas de petri onde foram acomodadas entre papel (método utilizado para pequenas sementes) utilizando papel filtro. Em cada placa foram dispostos 2,5 ml dos lixiviados bruto, tratados por O₃ e a testemunha. Os tratamentos foram colocados durante 10 dias na incubadora de germinação a 25° C.

Após o tempo de incubação, foram aferidos o comprimento radicular e o comprimento da parte aérea, utilizando-se um paquímetro digital. O peso de plântulas, foi aferido em balança analítica digital, com precisão de 10⁻³ g.

A análise estatística dos dados foi feita através do software *R* utilizando-se o teste F para análise da variância, para verificar a existência de diferenças entre os tratamentos e, posteriormente, o teste de Duncan ao nível de 5% de significância para comparação das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância resultou significativa ao nível $\alpha = 0,05$ e os resultados do teste de Duncan estão apresentados na Tabela 1. É possível observar que os valores de comprimento radicular diferiram estatisticamente nos tratamentos estudados, sendo que o tratamento testemunha foi o que apresentou a maior média, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos em que foram aplicados os lixiviados tratado com 8 e 4 horas de ozônio, respectivamente. Da mesma forma, Récio (2019) encontrou significativa inibição do comprimento das radículas quando submetidos as soluções de lixiviado tratado com ozônio em pH 6,5, 8,5 e 11,0 e os diluídos, e os demais tratamentos que foram analisados causaram a completa inibição deste parâmetro. Esse parâmetro permitiu observar que, quanto menor o tempo de ozonização submetido ao efluente maior a fitotoxicidade, comprometendo o desenvolvimento das radículas da espécie estudada.

Tabela 1. Valores médios de comprimento das radículas (mm), comprimento aéreo (mm) e massa úmida (g) de *Sorghum sudanense* submetidos a lixiviados, do Aterro Sanitário Metade Sul, bruto e tratado com ozônio.

Tratamento	CR	CA	MU
Água destilada	103,30 a	77,32 ^{ns}	0,066 a
8 horas	88,05 ab	88,27 ^{ns}	0,064 a
4 horas	76,70 abc	84,43 ^{ns}	0,052 ab
2 horas	73,12 bc	89,01 ^{ns}	0,066 a
5 horas	72,34 bc	76,86 ^{ns}	0,052 ab
1 hora	61,55 bc	79,40 ^{ns}	0,050 ab
Bruto	61,46 bc	78,24 ^{ns}	0,058 a
3 horas	54,22 c	72,33 ^{ns}	0,038 b
CV (%)	21,44	15,10	15,61

CR: Comprimento das radículas; CA: Comprimento aéreo e MU: Massa úmida.

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Para o comprimento aéreo não houve diferença significativa entre os tratamentos, e ficou entre a faixa de 72,33 a 89,01 cm, o que se torna de extrema importância quando se parte do princípio de que o objetivo final do lixiviado é a deposição final, afim de não comprometer o processo de germinação das plantas, nem de comprimento das radículas e parte aérea, e sim como contribuir para melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Já para o peso de plântulas houve diferença estatística entre o tratamento submetido a 3 horas de ozonização e o tratamento bruto, 2 horas, 8 horas e a testemunha, sendo que estes foram os que apresentaram as maiores massas. Porém estes últimos não diferiram estatisticamente dos tratamentos submetidos a 1 hora, 4 horas e 5 horas. Diferentemente dos resultados encontrados, Barros (2016) não encontrou tratamento que diferisse estatisticamente, submetidos à análise de variância pelo Teste F a 5% de probabilidade e posteriormente submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância, para as variáveis massa úmida das plantas (MUP) e massa úmida das folhas (MUF).

Entretanto, não há muitos estudos da avaliação de massa úmida em plântulas de *Sorghum sudanense* em placa de petri, sendo os testes mais usuais realizados em plantas adultas em condições de campo. Além disso, o tratamento com ozônio por mais tempo pode ser fundamental na redução de fitotoxicidade, sendo assim,

estudos subsequentes são necessários para que se possa inferir com maior propriedade sobre os resultados obtidos.

4. CONCLUSÕES

O lixiviado tratado por ozonização nos níveis de 4 e 8 horas não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento testemunha no comprimento das radículas, comprimento aéreo e massa úmida, indicando que sistemas de tratamento que utilizam O₃, são eficientes para a redução da toxicidade em lixiviados de aterros sanitários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARROS, Cristianne Araújo Gomes. **Efeito da aplicação de lixiviado tratado de aterro sanitário urbano nas características vegetativas do capim elefante (Pennisetum purpureum Schum)**. 2016. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BIDONE, F. R. A. & POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. EESC/USP. São Carlos. 1999. 103 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA Nº 357/2005, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 maio 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

COSTA, Fábio Moraes da et al. Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 107-116, 2015.

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

RÉCIO, Larissa Vareschi. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo de ozonização**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ROCHA, J. V. P.; FERNANDEZ, M. B. G.; PAGANI JUNIOR, A.; CARLOS, F. S.; PINTO, L. F. S. **Aplicação controlada de efluente proveniente de Aterro Sanitário Metade Sul de Candiota-RS na recuperação de áreas mineradas de carvão**. In: SEMANA INTEGRADA DE INOVAÇÃO, ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 7ª.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 30., 2021, Pelotas. Anais... Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2021.