

**ÁREA TEMÁTICA: Reciclagem**

## **ANÁLISE DO USO DE LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, REJEITO DE MINERAÇÃO E BIOFERTILIZANTE DE VERMICOMPOSTAGEM PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO**

*Monique da Silva Campagnoni (monicampagnoni@gmail.com), Rejane Maria Candiota Tubino (rejane.tubino@ufrgs.br) Darci Barnech Campani (campani@ufrgs.br)*

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS*

### **RESUMO**

O presente trabalho avaliou o uso integrado de Rejeito de mineração (RM), Lodo do tratamento de água (Lodo ETA), composto e chorume do processo de vermicompostagem para recuperação de área degradada por mineração de basalto. Foram adotados 8 tratamentos, compostos pela mistura dos materiais, após análise química, que constituíram 8 blocos, totalizando 64 unidades experimentais, delineados experimentalmente com a seguinte configuração: (A) RM + Lodo ETA (1,8% MO), (B) RM + Composto (1,8 % MO), (C) RM + Chorume (1,8% MO), (D) RM + Lodo ETA+ Composto + Chorume (1,8% MO), (E) RM + Lodo ETA (3,2% MO), (F) RM + Composto (3,2% MO), (G) RM + Chorume (3,2% MO), (H) RM+ Lodo ETA+ Composto + Chorume (3,2% MO). Após a montagem dos blocos foram plantadas 20 sementes de aveia preta em cada unidade experimental e monitoradas por 45 dias para verificação preliminar do crescimento vegetal e percentual de germinação de cada tratamento para fins de replicar o experimento, com os resultados mais satisfatórios, para que futuramente seja verificada a fertilidade do solo em cada um dos tratamentos propostos com base na análise de matéria seca e do teor de nutrientes em tecido foliar e radicular.

**Palavras-chave:** Recuperação de área degradada; Lodo de tratamento de água; Vermicomposto.

## **ANALYSIS OF USE OF WATER TREATMENT SLUDGE, MINING WASTE AND VERMICOMPOSTAGE BIOFERTILIZER FOR THE RECOVERY OF DEGRADED AREA BY MINING**

### **ABSTRACT**

*The present work evaluated the integrated use of mining waste (RM), sludge from water treatment (Lodo ETA), compost and leachate from the vermicomposting process to recover degraded area by basalt mining. Eight treatments were adopted, composed by the mixture of materials after chemical analysis, which constituted 8 blocks, totaling 64 experimental units, experimentally designed with the following configuration: (A) RM + ETA sludge (1,8% MO), (B) RM+ Compound (1,8% MO), (C) RM + leachate (1,8% MO), (D) RM + Lodo ETA + Compost + leachate (1,8% MO), (E) RM + Lodo ETA (3,2% MO), (F) RM + Compost (3,2% MO), (G) RM + Slurry (3,2% MO), (H) RM + Lodo ETA + Compost + leachate (3,2% MO). After assembling the blocks, 20 black oat seeds were planted in each experimental unit and monitored for 45 days for preliminary verification of plant growth and germination percentage of each treatment in order to replicate the experiment, with the most satisfactory results, so that in the future soil fertility is verified in each of the proposed treatments based on the analysis of dry matter and nutrient content in leaf and root tissue.*

**Keywords:** *Recovery of degraded area; Water treatment sludge; Vermicompost.*

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade de grande importância econômica e compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, beneficiar e transformar os recursos minerais em produtos de alta importância para os processos industriais (SILVA et.al., 2018).

De acordo com Fernandes; Araújo (2014) a extração mineral no Brasil é considerada, desde os tempos em que o Brasil era uma colônia, um dos setores básicos da economia. Estudos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2016), destacam o Brasil como um dos países com maior potencial mineral do mundo, juntamente com a Federação Russa, Estados Unidos, Canadá, China e Austrália, pois produz 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45 não metálicas e 4 energéticas.

O país destaca-se mundialmente na produção de minério de ferro, ouro, bauxita, manganês, caulim, gemas, estanho e tântalo, além de configurar entre os principais produtores de rochas basálticas, fosfáticas, cromo, ilmenita, grafita, diamante, níquel, terras raras, fluorita, rochas ornamentais, asbestos e quartzo (BARBOSA;GURMENDI, 2002). No que diz respeito às rochas basálticas deve-se destacar sua participação como grande fornecedor de materiais de construção, a partir da importante atividade de pedreiras distribuídas em diversas regiões do país.

As minas que lavram rochas intactas de minerais não metálicos para uso direto na construção civil, como pedras para revestimento, pisos e britas em geral são chamadas de pedreiras. As primeiras pedreiras para extração de basalto no Brasil surgiram em meados do século XIX e os métodos e técnicas para extração de substâncias minerais eram rudimentares (CURI, 2017). Segundo Germani (2002), o basalto muitas vezes era extraído dos afloramentos rochosos com cunha ou perfurados e detonados com a utilização de pólvoras caseiras.

No processo de mineração, a abertura das cavas e a disposição de material estéril oriundo do decapeamento superficial e da disposição dos rejeitos dos processos de tratamento e beneficiamento, são as principais alterações físicas à paisagem (IBRAM, 2016), por impactos sobre a fauna e flora, desmatamento, poluição hídrica, sonora e subsidências de terreno, muitas vezes irreversíveis. A mineração é a única atividade cuja Constituição Federal de 1988 no Artigo 225, parágrafo 2º obriga a Recuperação de áreas Degradadas - RAD (SILVA et. al., 2018).

Diante do exposto, objetiva-se utilizar diferentes combinações de materiais para averiguação da melhor condição para plantio de aveia preta para fins de recuperação de área degradada por mineração de basalto.

## 2. Recuperação de áreas Degradadas por atividades de mineração

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), em sua Instrução Normativa nº 11 de 2014, considera área degradada como “aquela impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema”. Este processo pode ser induzido por atividades humanas ou por acidentes naturais (ICMBIO, 2014).

O ecossistema degradado é caracterizado pela redução de nutrientes e matéria orgânica do solo, devido à remoção da camada superficial, favorecendo o processo de erosão, ocasionando a perda ou redução da flora. A degradação das áreas também resulta na redução da fauna e alteração da qualidade, regime e vazão do sistema hídrico (SANTOS, 2017).

O termo Restauração ou Revegetação consiste em restabelecer o controle da erosão até a restauração das características originais da vegetação com os seus processos naturais utilizando, para este fim, somente espécies nativas (MARCELINO,2017).

Para Santos (2017) a recuperação é a restituição de um ecossistema degradado a uma forma passível de utilização, através de ações preestabelecidas num plano que possibilite a reutilização do uso do solo. Já a reabilitação consiste em reaproveitar a área para outra finalidade.

Quando se trata de RAD, é imprescindível que sejam definidos os objetivos que serão alcançados e quais serão as técnicas de recuperação utilizadas, com intuito de reduzir o tempo e os custos para execução (MARCELINO, 2017).

Inicialmente a avaliação da área a ser recuperada deve identificar os impactos ambientais decorrentes da degradação proveniente da mineração. As diretrizes para elaboração de Projeto de Reabilitação de Áreas Degradadas (PRAD), resultante da atividade de mineração, são fixadas pela Norma NBR 13030 (ABNT, 1999), cujo objetivo é obter subsídios técnicos que viabilizem a manutenção e melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de instalação do projeto.

Segundo Dias et. al. (2007) garantir condições para que o solo possa cumprir os serviços desempenhados por qualquer sistema natural em equilíbrio é um dos objetivos da recuperação de sistemas degradados.

A Revegetação é o método que visa o desenvolvimento de plantas que se mantenha sem atenção ou ajuda artificial e que favoreça a fauna e flora nativa. Esta prática é satisfatória quando se observa a capacidade de estabilização da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis no solo (SANTOS, 2017).

O plantio de gramíneas de crescimento rápido com ciclo de vida curto, leguminosas ou forrageiras, é recomendado nas fases iniciais da revegetação, pois proporciona a mais rápida recomposição da camada de solo.

Aveia preta (*Avena Strigosa*), é frequentemente utilizada por ser uma gramínea rústica, ter boa produção de massa verde e rápido desenvolvimento (FONTANELI et al., 2012).

### **3. Objetivo**

O objetivo do trabalho foi analisar o uso integrado de lodo de tratamento de água (Lodo de ETA), rejeito de mineração de basalto e biofertilizante de vermicompostagem (sólido e líquido), analisar, com base no percentual de germinação e crescimento vegetal, quais os tratamentos propostos atendem as melhores condições para plantio de aveia preta para fins de recuperação de área degradada por mineração de basalto.

### **4. Materiais e métodos**

#### **4.1 Materiais**

Para realização do experimento foram utilizados os seguintes materiais: rejeito de mineração (RM), lodo do tratamento de água (Lodo ETA), chorume e composto proveniente do processo de vermicompostagem e aveia preta (*Avena Strigosa*).

O rejeito de mineração foi coletado em uma pedreira desativada localizada no município de Novo Hamburgo-RS. A fim de obter uma boa representatividade das amostras, o resíduo que estava disposto em pequenas pilhas foi coletado em múltiplos pontos com profundidade máxima de aproximadamente 0,2m prevendo uma distribuição espacial das partículas, conforme a NBR 10007 (ABNT, 2004).

O lodo do tratamento de água foi coletado durante a limpeza dos decantadores, na Estação de Tratamento de Água (ETA) na cidade de Novo Hamburgo-RS. Para fins de coagulação/ floculação são utilizadas duas substâncias: Policloreto de Alumínio (PAC) como agente principal e tanino como auxiliar. As amostras foram coletadas em diferentes pontos e profundidades próximos à cortina difusora, a fim de obter uma boa representatividade nas amostras.

O fertilizante orgânico (composto e chorume) utilizado é proveniente do processo de vermicompostagem doméstica realizada em condomínio com 72 unidades habitacionais localizado no município de Novo Hamburgo.

As sementes de aveia preta, gramínea de inverno, foram adquiridas no mercado varejista.

## 4.2 Parte experimental

A preparação de subamostras para realização de ensaios de caracterização de resíduo de mineração, composto orgânico e lodo foi realizada conforme método de quarteramento definido pela NBR 10.007 (ABNT, 2004).

Após a coleta e preparo, as amostras foram submetidas à análise química cujos parâmetros analisados para rejeito de mineração foram: pH, P, K, C, N, Al, Ca, Mg, S, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Na e para lodo de ETA, chorume e composto: pH, C, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Na, Mn, Cd, Cr, Ni, Al, As, Se, Ba, Mo, Be Hg. considerando o disposto na Instrução Normativa MAPA - SDA 25/ 2009; Resolução CONAMA 420/2009 e Portaria FEPAM Nº 85/2014

O experimento foi realizado envolvendo 8 tipos de tratamentos apresentados na Tabela 1 e 8 repetições, totalizando 64 unidades experimentais, cuja disposição foi em delineamento em blocos casualizados conforme Tabela 2 a seguir.

**Tabela 1.** Composição dos tratamentos.

Tratamentos	Materiais	Percentual de cada material
<b>A</b>	RM + Lodo ETA (1,8 % MO)	RM (86%) + Lodo ETA (14%)
<b>B</b>	RM + Composto (1,8% MO)	RM (96%) + Composto (4%)
<b>C</b>	RM + Chorume (1,8 % MO)	RM (56%) + Chorume (44%)
<b>D</b>	RM+ Lodo ETA+ Composto + Chorume (1,8% MO)	RM (68%) + Lodo ETA (7%) + Composto (3%) + Chorume (22%)
<b>E</b>	RM + Lodo ETA (3,2 % MO)	RM (75%) + Lodo ETA (25%)
<b>F</b>	RM + Composto (3,2 % MO)	RM (93%) +Composto (7%)
<b>G</b>	RM + Chorume (3,2 % MO)	RM (20%) + Chorume (80%)
<b>H</b>	RM+ Lodo ETA+ Composto + Chorume (3,2% MO)	RM (43%) + Lodo ETA (13%) + Composto (4%) +Chorume (40%)

Fonte: Autora, 2019

**Tabela 2.** Disposição dos tratamentos em blocos.

Bloco I	D	F	C	H	B	A	E	G
Bloco II	C	H	A	B	D	E	G	F
Bloco III	A	B	H	G	E	D	F	C
Bloco IV	F	A	D	C	G	B	H	E
Bloco V	H	G	E	D	C	F	B	A
Bloco VI	B	E	G	A	F	C	D	H
Bloco VII	E	C	B	F	H	G	A	D
Bloco VIII	G	D	F	E	A	H	C	B

Fonte: Autora, 2019

Para realização do experimento foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 2L, contendo 1 furo na lateral distante aproximadamente 3 cm do fundo do recipiente. Em cada vaso foi realizada a mistura dos materiais de acordo com o tratamento correspondente, exceto os casos C, D, G e H, pois o chorume foi utilizado apenas para irrigação. A mistura dos componentes foi obtida com base no Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, da SBCS (2004), para plantio de aveia preta, considerando as necessidades de nutrientes do solo e a área de plantio. Após o preparo dos vasos foram plantadas 20 sementes de aveia preta em diferentes pontos e profundidades de cada recipiente.

A irrigação ocorreu a cada dois dias adicionando água de abastecimento para os tratamentos que não contem chorume. Nas demais amostras utilizando chorume diluído na proporção 1:20 obedecendo a capacidade de campo de 60% da capacidade dos vasos e observando os índices pluviométricos no período. As unidades experimentais foram dispostas em blocos conforme Figura 1 obedecendo a ordem demonstrada na Tabela 2 localizadas no lado externo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde o processo foi monitorado pelo período de 45 dias a partir de 14 de setembro de 2019.

**Figura 1.** Disposição dos blocos de acordo com o tipo de tratamento



Fonte: Autora, 2019

Após este período, foi realizado o levantamento do percentual de amostras por tipo de tratamento que apresentaram índice de germinação igual ou superior a 50% das sementes plantadas. Para verificação do crescimento vegetal, foram coletadas as mudas destas amostras mantendo-se a raiz e medido o tamanho da folha, adotando como critério o crescimento vegetal igual ou superior a 20 cm.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do plantio das sementes de aveia verificou-se que os vasos correspondentes aos tratamentos B, D, F e H germinaram após 7 dias, conforme Figura 2.

**Figura 2.** Vasos germinados após 7 dias.



Fonte: Autora, 2019

Os tratamentos A e E levaram em média 12 dias para que iniciasse a germinação. Os tratamentos C e G germinaram somente após o 20º dia.

Devido ao período de chuvas observou-se que apenas um furo não era o suficiente para a drenagem dos vasos. A partir do 8º dia foi necessário inserir mais um furo para que a água não ficasse acumulada.

Após o período de 45 dias foi realizado o levantamento da quantidade de sementes germinadas para cada tipo de tratamento. Posteriormente, as amostras foram coletadas, mantendo-se a raiz e medindo o crescimento da folha conforme Figura 3 a seguir.

**Figura 3.** Análise do crescimento vegetal.



Fonte: Autora, 2019

Foi utilizado como critério para verificação de eficiência dos tratamentos o percentual de germinação igual ou superior a 50% das sementes plantadas e o crescimento vegetal aéreo igual ou superior 20 cm. Os resultados estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados obtidos após 45 dias

Tratamento	Germinação (%)	Crescimento vegetal (%)
A	37,5	37,5
B	50,0	37,5
C	12,5	0,0
D	62,5	62,5

E	37,5	25,0
F	37,5	37,5
G	12,5	12,5
H	50,0	50,0

Os dados apresentados correspondem aos resultados obtidos após 45 dias da data de plantio, considerando o total de 8 amostras para cada tipo de tratamento. Os resultados expressos correspondem ao percentual de amostras cuja germinação no período foi igual ou superior a 5 sementes (50%) e deste total quantas apresentaram o crescimento vegetal igual ou superior a 20 cm.

## 6. CONCLUSÃO

O tratamento D obteve germinação de 62,5% das amostras, sendo este o resultado mais satisfatório e também o que apresentou maior crescimento vegetal. Observou-se que a melhor condição é o tratamento que utiliza a mistura de todos os materiais em diferentes concentrações e a irrigação com chorume. Os tratamentos C e G, cuja amostra era predominantemente inerte e apenas irrigada com chorume, não atendeu aos critérios. A partir dos resultados preliminares o experimento será replicado, utilizando apenas os tratamentos A, B, D, E, F e H.

Constatou-se que para que seja verificada a fertilidade do solo deverá ser incluída no experimento a análise de parâmetros tais como de matéria seca e do teor de nutrientes em tecido foliar e radicular para que seja possível comparar a fertilidade química para cada tipo de tratamento e identificar qual atende melhor as necessidades do solo para fins de recuperação da área degradada.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ – NBR 13030: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Rio de Janeiro, 1999.

BARBOSA, F.L.M.; GURMENDI, A.C. Economia mineral do Brasil. Brasília: DNPM. 278 p., 2002.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 01/04/2020.

\_\_\_\_\_ Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM), extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13575.htm#art39](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13575.htm#art39)>. Acesso em 17/04/2020.

\_\_\_\_\_ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view> Acesso em 26/07/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Conama nº 420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dezembro de 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 17/04/2020.

CURI, A. Lavra de minas. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2017. 462 p

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Estadual - Rio Grande do Sul. Brasília, 2016.72p.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, p.955-990, 2007.

FERNANDES, F. R. C.; ARAUJO, E. R. Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. 2014.

FONTANELI, R. S., SANTOS, H. P., FONTANELI, R. S., Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária - Floresta na Região Sul-Brasileira. Embrapa, Brasília, DF, 2012. 274 f. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119972/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf>. Acesso em: 25/07/2020.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS - Fepam. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Portaria Fepam n. 85/2014. Diário Oficial do Rio Grande do Sul, n. 175, p. 44-45, 2014. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>> Acesso em 25/07/2020.

GERMANI, D. J. A Mineração no Brasil. Relatório Final. Rio de Janeiro, 2002. IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Histórico. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>> Acesso em 01/04/2020.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016. 128 p

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2014. Instrução Normativa nº 11. Estabelecer procedimento para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada- PRAD. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de dez. 2014. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/82233806/dou-secao-1-12-122014-pg-126>>. Acesso em: 01/04/2020.

MARCELINO, C.T. RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO MUNICÍPIO DE IRATI, PR; 2011; Monografia; (Aperfeiçoamento/Especialização em MBA EM GESTÃO AMBIENTAL) - Universidade Federal do Paraná; Disponível em:<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39205/R%20-%20E%20-%20THIAGO%20CARDOSO%20MARCELINO.pdf?sequence=2&isAllow>< Acesso em 17/04/2020.

SANTOS, J. A.G. Recuperação de áreas degradadas pela mineração. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017.44p

SILVA, I. A., Campagna, A. R.; Lipp-Nissinen, K. H. 2018. Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos. Pesquisa em Geociências 45p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: SBCS Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.