



## **Recuperação de áreas mineradas integrando resíduos sólidos urbanos a resíduos de mineração**

**Maila Artico<sup>1</sup>, Karine Batista dos Santos<sup>2</sup>, Beatriz Alicia Firpo Vasquez<sup>3</sup> e**

**Rejane Maria Candiota Tubino**

<sup>1</sup>UFRGS (maylaartico@hotmail.com)

<sup>2</sup>UFRGS (karineebatista@gmail.com)

<sup>3</sup>UFRGS (bia.firpo7@gmail.com)

<sup>4</sup>UFRGS (rejane.tubino@ufrgs.br)

### **Resumo**

Diversas técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, e estas requerem a adição de matéria orgânica como potencializador das propriedades do solo. Dentre as fontes de matéria orgânica que podem ser utilizadas, está o lodo de esgoto, que apresenta altos teores de nutrientes, facilita a penetração das raízes e aumenta a resistência do solo à erosão, portanto, tem elevado potencial de uso em áreas degradadas. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar o uso de resíduos urbanos e de mineração na recuperação ambiental de áreas degradadas, a fim de reduzir os impactos decorrentes da disposição dos resíduos da mineração, analisando a possibilidade de substituir o solo de cobertura por lodo de Estação de Tratamento de Esgoto como fonte de matéria orgânica devido a sua escassa disponibilidade. O método consistiu na coleta e análise de resíduo de área de mineração e solo de cobertura coletados em uma pedreira do município de Novo Hamburgo/RS, lodo de esgoto coletado na Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA), na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) na cidade de Novo Hamburgo/RS, e para a cobertura vegetal foram utilizadas sementes de aveia preta. Os materiais foram submetidos à análise química de macro e micronutrientes, pH, sólidos voláteis, umidade, relação C/N e metais pesados, análise granulométrica a fim de conhecer as propriedades físicas dos materiais e medição de massa foliar seca com o objetivo de conhecer a fertilidade dos tratamentos.

Palavras-chave: Áreas degradadas, Recuperação, Mineração, Lodo de esgoto, Resíduos.

Área Temática: Recuperação de áreas degradadas.

## **Recovery of mined areas by integrating urban solid waste with mining waste**

### **Abstract**

*Several techniques have been used with the objective of recovering degraded soils, and these require the addition of organic matter as a potentiator of soil properties. Among the sources of organic matter that can be used is sewage sludge, which presents high levels of nutrients, facilitates the penetration of the roots and increases soil resistance to erosion, and therefore has a high potential for use in degraded areas. The aim of this work is to evaluate the use of urban and mining waste in the environmental recovery of degraded areas, in order to reduce the impacts of the disposal of the mining waste, analyzing the possibility of replacing the soil with cover sludge of wastewater treatment as a source of organic matter due to its scarce availability. The method consisted of the collection and analysis of waste from mining area*



*and cover soil collected at a quarry in the municipality of Novo Hamburgo / RS, sewage sludge collected at Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA), in the city of Novo Hamburgo / RS, and for the vegetal cover will be used Black Oat seed. The materials were submitted to macro and micronutrients chemical analysis, pH, volatile solids, humidity, C / N ratio and heavy metals, granulometric analysis in order to know the physical properties of the materials and measurement of dry foliar mass in order to know the fertility of the treatments.*

*Keywords: Degraded areas, Recovery, Mining, Sewage sludge, Waste*

*Theme Area: Select one of the theme areas of the Congress (consult the information about the registration of the studies)*

## **1 Introdução**

Ao longo do tempo, as atividades antrópicas vêm degradando os ecossistemas, e esta degradação vêm causando inúmeros problemas ambientais. Por este motivo, para diminuir os impactos negativos causados, a recuperação das áreas degradadas tem se tornado cada vez mais necessária (KAGEYAMA & GANDARA, 2001).

Segundo Tamanini (2004) a utilização do lodo de esgoto produzido nas estações de tratamento de esgoto pode se constituir em uma valiosa ferramenta para a recuperação da cobertura vegetal de diversas regiões degradadas nas proximidades de centros urbanos no Brasil. Segundo Oliveira Filho et al (1987), a matéria orgânica é a principal responsável pela estruturação física de um solo, além de melhorar sua circulação de água e ar.

O lodo de esgoto é um resíduo advindo das estações de tratamento de esgotos, onde é produzido no processo de tratamento. Esse material é bastante rico em matéria orgânica e nutrientes que estão presentes devido ao consumo e atividade humana. O lodo de esgoto com as características adequadas a aplicação nos solos, passa a ser chamado de biossólido (TAMANINI, 2004).

A disposição final do lodo de esgoto, conforme Pegorini (2002) vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, e que cresce diariamente tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, como reflexo da ampliação das redes de coleta de efluentes urbanos e incremento dos níveis de tratamento. Além da sua importância econômica, a destinação final do lodo é uma operação bastante complexa e impactante sobre o meio ambiente, muitas vezes ultrapassando os limites da ETE.

Sendo assim, em face a realidade supracitada, neste trabalho buscamos contribuir com os estudos relacionados a recuperação de danos ambientais decorrentes das atividades de mineração, através da otimização do uso do rejeito, convertendo-o em solo apto ao desenvolvimento vegetal, quando somado a resíduos de outros processos produtivos, neste caso o lodo de esgoto.

O objetivo geral é avaliar o uso de rejeitos urbanos e de mineração na recuperação ambiental de áreas degradadas.



## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados no experimento foram: rejeito de mineração, solo de cobertura, solo de esgoto e aveia preta como cobertura vegetal. O rejeito de mineração e o solo de cobertura foram coletados em uma pedreira localizada no município de Novo Hamburgo/RS. Já o lodo de esgoto, oriundo de um sistema anaeróbio e o tratamento realizado através de reator anaeróbio de leito fluidizado (RALF), foi coletado diretamente na Companhia Municipal de Saneamento (COMUSA), na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) na cidade de Novo Hamburgo/RS. As sementes de aveia foram adquiridas no mercado varejista de Porto Alegre/RS.

### 2.2 Métodos

A obtenção de amostras de rejeito de mineração, solo de cobertura e lodo foi realizada conforme método de quarteamento definido por ABNT NBR 10.007 (ABNT, 2004). As amostras foram estocadas numa área experimental aberta, localizada no Centro de Tecnologia (CT), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no município de Porto Alegre/RS. Foi feita a preparação das amostras e posteriormente foi instalado o experimento.

Após a coleta das amostras, elas foram submetidas à análise química no Laboratório de Análise de Solo da UFRGS da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo que para a análise do lodo seguiu-se a metodologia adotada pela Resolução do CONAMA nº 375 de 2006, (BRASIL, 2006).

Os materiais foram submetidos à secagem natural ao ar livre, por meio da ação dos ventos e cobertos em momentos de umidade elevada e períodos de chuvas. Devido à alta umidade e chuvas frequentes no período de secagem, foi necessário realizar a secagem completa dos materiais em estufa a 60°C no Laboratório de Tecnologia Mineral e Ambiental (LTM) da UFRGS. Com o material já seco, foi possível efetuar a montagem do experimento, calculando a massa de cada material necessária para atingir a carga de matéria orgânica (%MO) desejada.

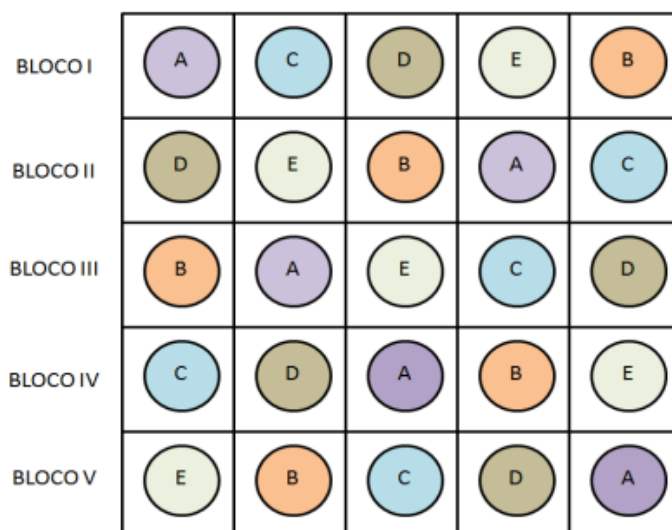
O experimento foi disposto em um delineamento em blocos casualizados, envolvendo 5 tratamentos e 5 repetições, num total de 25 unidades experimentais (EU). Como UE, foram utilizados tubos de PVC com 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Estas unidades foram dispostas em bancadas através de sorteio.

Os tratamentos utilizados foram:

- tratamento (A) = Rejeito;
- tratamento (B) = Rejeito + lodo de ETE (1,8% MO);
- tratamento (C) = Rejeito + solo de cobertura (1,8% MO);
- tratamento (D) = Solo de cobertura (3,2% MO);
- tratamento (E) = Rejeito + lodo de ETE (3,2% MO).



Figura 1 - Delineamento e disposição dos vasos



As sementes de Aveia Preta (*Avena strigosa*) foram semeadas em 01 de setembro de 2017, com uma quantidade aleatória de sementes por vaso e mantidas a 60% de sua capacidade de campo, que germinaram seis dias após a semeadura. Em 11 de setembro de 2017 houve a necessidade de fazer um desbaste, e foram deixadas dez mudas por vaso. O crescimento da Aveia foi monitorado até 13 de novembro quando foram colhidas todas as mudas, já próximo ao final do ciclo de crescimento. A totalidade da parte aérea de cada parcela foi removida, imediatamente armazenada em sacos de papel e seca em estufa a 60 ° C até peso constante para obtenção da massa. Após o corte da parte aérea, o sistema radicular de todos os tratamentos, foi separado manualmente do solo, foi lavado com água ionizada para retirada de resíduos e igualmente seco em estufa de ar forçado até peso constante para obtenção da massa.

Figura 2 – Disposição do experimento



Após a finalização do experimento, foi realizada uma análise granulométrica no Laboratório de Tecnologia Mineral (LTM) pelo método da pipeta descrito no Manual de



Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997) para a caracterização da textura do material utilizado.

### 3 Resultados

#### 3.1 Análise química

Com os resultados obtidos para a análise química para o rejeito de mineração e solo de cobertura, observou-se que ambos estavam com os parâmetros dentro do máximo permitido para solos, conforme descrito na Resolução CONAMA Nº 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo, estabelece as concentrações de referência em que é necessário iniciar a prevenção.

Para o lodo de esgoto foi constatado que os parâmetros Cobre total e Zinco total estão acima do estabelecido nesta legislação, então não é recomendado que o lodo seja disposto diretamente como substituinte do solo de cobertura. Por este motivo, há a necessidade de misturá-lo com outra substância para diminuir estas concentrações, assim, neste estudo, foi utilizado o resíduo de mineração. E, analisando a Tabela 1, pode-se observar que ao misturar o lodo com o resíduo de mineração, resultando nos tratamentos B e E, as concentrações de Cobre e Zinco ficam dentro das recomendações da CONAMA 420.

Tabela 1 - Comparação dos parâmetros Cu e Zn para dos tratamentos B e Ecom as concentrações máximas permitidas CONAMA 420

	Amostra	Lodo + Rejeito (1,8% MO)	Lodo + Rejeito (3,2% MO)	CONAMA 420
Cobre total (%)	69	21,09	26,11	60
Zinco total (%)	461	58,39	100,54	300

#### 3.2 Análise granulométrica

Após a realização do método da pipeta em laboratório, foi calculado o percentual de areia grossa, areia fina, silte e argila conforme descrito no manual de solos da Embrapa, e os resultados estão dispostos na Tabela 2.

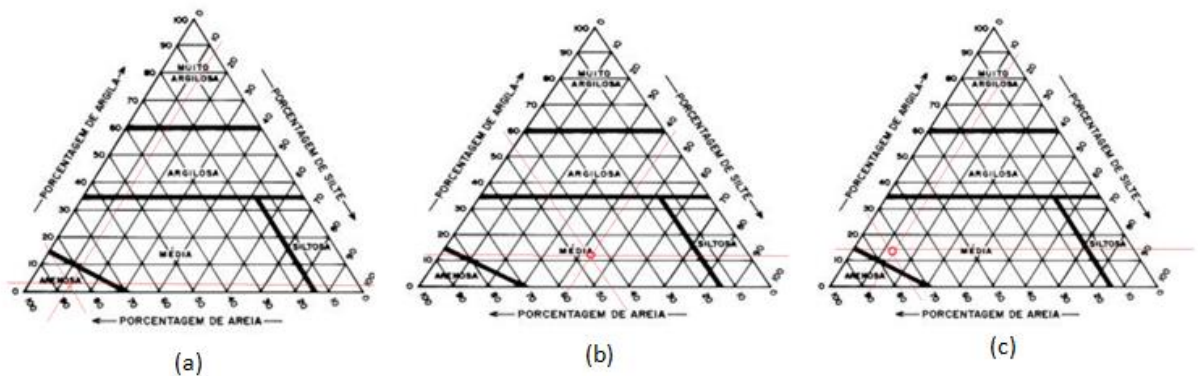
Tabela 2 - Distribuição Granulométrica

	Rejeito	Solo de cobertura	Lodo de ETE
Teor de areia grossa (%)	19,17	29,12	19,17
Teor de areia fina (%)	27,70	45,35	27,70
Teor de silte (%)	42,91	11,80	42,91
Teor de argila (%)	10,22	13,63	10,22

Com as frações calculadas, foi possível plotar os dados no Diagrama triangular simplificado (utilizado pela Embrapa) para a classificação textural do solo (EMBRAPA, 1997).



Figura 2 – Diagrama triangular (a) Rejeito de mineração (b) Solo de cobertura (c) Lodo de cobertura

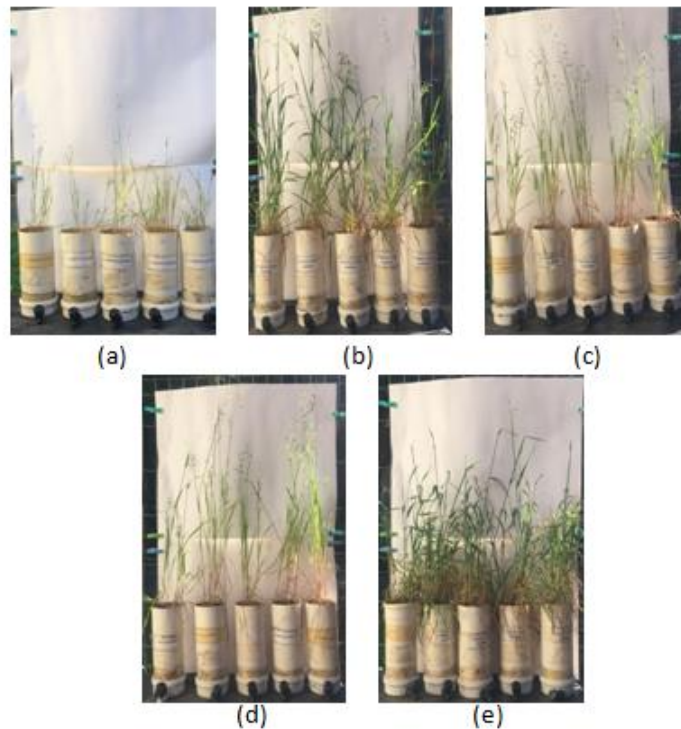


Assim, pode-se concluir que a textura do rejeito de mineração é classificada como arenosa, e a textura do solo de cobertura e do lodo de esgoto é classificada como média.

### 3.3 Análise do crescimento das plantas

Sendo objetivo estudar a utilização de lodo de esgoto como substrato para crescimento vegetal, os 25 tratamentos foram semeados com aveia preta e a produção de massa vegetal foi mensurada em termos de altura foliar e matéria seca da parte aérea e radicular. A Figura 3 mostra o crescimento obtido após o término do experimento.

Figura 3 - Crescimento da Aveia Preta nos diferentes tratamentos (a) A, (b) B, (c) C, (d) D, (e) E.





A Tabela 3 indica valores médios referentes à altura foliar produzida pela aveia preta a partir dos tratamentos propostos no experimento, após o crescimento.

Tabela 3 - Valores médios de altura foliar (cm) para os cinco tratamentos

	A	B	C	D	E
Altura Foliar (cm)	20	44,4	39,8	41	38,2

A Tabela 4 indica os valores médios referentes à matéria seca foliar e radicular produzidas pela aveia preta a partir dos tratamentos propostos no experimento, após o crescimento.

Tabela 4 - Valores médios de matéria seca (g) parte aérea e radicular para os cinco tratamentos

	A	B	C	D	E
Massa foliar (g)	0,701	5,095	2,169	2,549	5,519
Massa radicular (g)	1,012	4,036	1,181	1,387	4,511

No que diz respeito ao crescimento da aveia nos tratamentos, observou-se, que aplicação de lodo aumentou consideravelmente o crescimento vegetal, sendo ele, em termos de matéria seca foliar e radicular significativamente maior ao utilizar lodo como fonte de matéria orgânica.

Com relação à altura foliar não houve muita diferença entre os tratamentos com lodo e solo, porém, em termos de massa, os tratamentos com solo de cobertura tiveram uma quantidade de massa foliar consideravelmente menor.

#### 4 Conclusões

A combinação de rejeito e lodo de esgoto apresentou teores ambientalmente disponíveis de metais em concentrações abaixo do limite prevenção prevista na Resolução CONAMA 420.

O melhor desenvolvimento da aveia preta, em termos de massa seca, ocorreu no tratamento E, com a mistura de rejeito e lodo de esgoto com um percentual de matéria orgânica de 3,2%, ocorrendo um crescimento parecido no tratamento B, com a mistura de rejeito e lodo de esgoto com um percentual de matéria orgânica de 1,8%. Mostrando que, a mistura de rejeito e lodo de esgoto é capaz de promover adequadamente o crescimento de aveia preta. Assim, utilizar o lodo de esgoto em mistura com resíduos de mineração na recuperação de áreas degradadas, auxiliando na mitigação e/ou redução dos impactos ambientais de atividades de mineração é uma alternativa à disposição dos mesmos em aterros.

Essa forma de destinação proporciona a redução das doses de aplicação de fertilizantes minerais e melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para o cultivo de alimentos e para conservação do solo e da água.

#### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 10004: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.



BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375 de 29 de agosto de 2006**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 agosto de 2006a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 08 de julho de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009**. 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: 08 de julho de 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 01).

KAGEYAMA, P. Y. & GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares, PP. 249-269 In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**, 2ª edição (Rodrigues, R. R. e Leitão Filho, H. F., (eds). Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA FILHO, J. M. de; CARVALHO, M.A. de; GUEDES, G.A. de. **Matéria orgânica do solo**. Inf. Agropec. Belo Horizonte, v.13, n.147, p.22-24, 1987.

PEGORINI, E. S. **Avaliação de impactos ambientais do programa de reciclagem agrícola de lodo de esgoto na região metropolitana de Curitiba**. 2002. 236 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

TAMANINI, C. R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de bio sólido e gramínea forrageira**. 2004. 196 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2004.

VASQUEZ, B. A. F. **Produção de solo a partir de rejeito de carvão mineral**. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.