

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

MONIQUE DA SILVA CAMPAGNONI

ANÁLISE DO USO INTEGRADO DO LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, REJEITO DE
MINERAÇÃO E VERMICOMPOSTO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR
MINERAÇÃO DE BASALTO

Porto Alegre

2021

MONIQUE DASILVA CAMPAGNONI

ANÁLISE DO USO INTEGRADO DO LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, REJEITO DE MINERAÇÃO E VERMICOMPOSTO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE BASALTO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, modalidade Acadêmica

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Maria Candiota Tubino

Coorientador: Prof. Dr. Darci BarnechCampani

Porto Alegre

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos André Bulhões Mendes

Vice-Reitora: Patrícia Helena Lucas Pranke

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretora: Carla Schwengber TenCaten

Vice-Diretor: Afonso Reguly

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

Coordenador: Afonso Reguly

Vice-Coordenador: Andréa Bernardes

MONIQUE DASILVA CAMPAGNONI

ANÁLISE DO USO INTEGRADO DO LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA,
REJEITO DE MINERAÇÃO E VERMICOMPOSTO PARA RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE BASALTO

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pela Orientadora, pelo Coorientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Profa. Dra. Rejane Maria Candiota Tubino

Prof. Dr. Darci Barnech Campani

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Carlos Gustavo Tornquist- PPGCS/UFRGS

Mário Augusto Tavares Russo-ESTIG/IPVC-Portugal

Mônica de Abreu Azevedo-UFV/DEC

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M) pela oportunidade de aprendizado.

À orientadora Dra. Rejane Maria Candiota Tubino e ao Coorientador Dr. Darci Barnech Campani, pela acolhida, dedicação, aprendizado e compreensão ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À minha mãe Tania e ao meu irmão Thomas, pelo amor incondicional e apoio em todas as minhas decisões.

Ao meu pai Volnei por todo amor, dedicação, incentivo e principalmente pelo auxílio durante as coletas das amostras e montagem dos experimentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A atividade de mineração gera impactos adversos à paisagem e aos ecossistemas, pois ocasiona a 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. Dentre as práticas de recuperação de áreas degradadas, uma alternativa é a aplicação no solo de materiais que forneçam nutrientes necessários para cultivo de plantas que favoreçam a capacidade de estabilização da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis. O presente trabalho avaliou a utilização de rejeito de mineração de pedreira de basalto (RM), Lodo de tratamento de água (Lodo ETA), vermicomposto e lixiviado, como substituto ao solo de cobertura para o cultivo de Aveia Preta. O experimento foi desenvolvido em duas etapas: a primeira engloba a coleta e caracterização dos materiais, delineamento experimental utilizando 8 tratamentos e 8 blocos, no qual utilizou-se de 4 tipos de materiais adotando 1,8 e 3,2% de Matéria orgânica (MO), foi analisada também, a germinação das sementes e medida da altura foliar para cada tratamento. A segunda etapa consistiu em replicar os tratamentos que apresentaram os melhores resultados na primeira etapa. Adotou-se o delineamento experimental de 6 tratamentos e 6 blocos, onde verificou-se a melhor configuração, considerando a média do crescimento vegetal, através da medição da altura e massa foliar e radicular para cada tratamento. Constatou-se que a melhor configuração apresentada engloba a mistura de todos os materiais para ambos os percentuais de matéria orgânica. Também verificou-se a viabilidade da utilização de lodo de ETA para aplicação no solo e cultivo de aveia preta. O lodo de ETA, gerado a partir da utilização de coagulante de Policloreto de Alumínio combinado com a utilização de coagulante vegetal à base de tanino, apresenta valores aceitáveis para aplicação no solo e o plantio de gramíneas, tornando-se uma alternativa para a recuperação da área degradada. A utilização do rejeito de mineração, lodo de ETA, vermicomposto e lixiviado, para o teor de 3,2% de matéria orgânica apresentaram níveis adequados para plantio e desenvolvimento de aveia preta para recuperação da área degradada pela atividade de mineração de basalto em substituição ao solo de cobertura.

Palavras-chave: Recuperação de área degradada, Lodo de tratamento de água. Rejeito de Mineração de Basalto, Vermicomposto, Lixiviado.

ABSTRACT

Mining activity generates adverse impacts on the landscape and ecosystems, as it causes the reduction of nutrients and soil organic matter, due to the removal of the surface layer, favoring the erosion process and resulting in loss or reduction of flora. Among the degraded area recovery practices, an alternative is the application on the soil of materials that provide nutrients needed for plant cultivation, which supply the stabilization capacity of organic matter and available nutrients. This study evaluated the use of mining tailings from a basalt quarry (RM) water treatment sludge (ETA sludge), vermicompost and leachate, as a substitute to soil cover for black oat cultivation. The experiment was conducted in two stages: the first includes the collection and characterization of materials, experimental design using 8 treatments and 8 blocks, in which 4 types of materials were used, adopting 1.8 and 3.2% of organic matter (MO). Seed germination leaf height measurement were also analyzed for each treatment. Second step consisted of replicating the treatments that showed the best results in the first step. The experimental design of 6 treatments and 6 blocks was adopted, where the best configuration was verified, considering the average of plant growth, by measuring the height leaf mass and root mass for each treatment. It was found that the best configuration presented encompasses the mixture of all materials, for both percentages of organic matter. It was also verified the feasibility of using ETA sludge for soil application and cultivation of black oat. The ETA sludge, generated from the use of Polyaluminum Chloride coagulant, combined with the use of vegetable coagulant based on tannin, presents acceptable values for application in the soil and the planting of grasses, making it an alternative for recovery of the degraded area. The use of mining tailings, ETA sludge, vermicompost and leachate, with a content of 3.2% of MO, presented adequate levels for planting and development of black oat to recover the area degraded by basalt mining activity, in replacement to the soil cover.

Keywords: Degraded area recovery, Water treatment sludge, Basalt Mining Tailings, Vermicompost, Leachate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Proporção de componentes do solo.....	24
Figura 2: Etapas do tratamento convencional.....	26
Figura 3:Fluxograma da etapa I do experimento.....	37
Figura 4:Fluxograma da etapa II do experimento	38
Figura 5: Local de coleta do RM.....	38
Figura 6:Localização da cava de coleta do material.....	39
Figura 7:Coleta do RM.....	39
Figura 8:Estrutura da ETA da COMUSA	40
Figura 9: Local de coleta do lodo	41
Figura 10:Vermicomposto e lixiviado.....	42
Figura 11:Secagem do lodo de ETA	45
Figura 12: Experimento instalado em blocos e linhas.....	45
Figura 13: Pluviômetro instalado no Centro de Tecnologia.....	46
Figura 14: Medição do crescimento vegetal.....	47
Figura 15:Massa seca foliar.....	57
Figura 16:Massa seca radicular	59
Figura 17: Massa seca total	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química do lodo da ETA e do solo	29
Tabela 2: Características do lodo de sulfato de alumínio	30
Tabela 3: Características do lodo sais de ferro	32
Tabela 4: Concentrações de metais e nutrientes presentes no lodo utilizando diferentes coagulantes.	33
Tabela 5:Características do vermicomposto.....	35
Tabela 6: Composição dos tratamentos.....	43
Tabela 7: Disposição dos tratamentos em blocos.....	44
Tabela 8:Dados obtidos após o período de 45 dias	47
Tabela 9: Composição dos tratamentos	49
Tabela 10: Disposição dos tratamentos em blocos.....	49
Tabela 11: Comparativo da análise química do lodo da ETA COMUSA e dados de outras companhias de saneamento	52
Tabela 12: Caracterização química do vermicomposto e limites estabelecidos pela legislação	54
Tabela 13:Caracterização química do lixiviado	55
Tabela 14:Germinação e média da altura foliar para cada tratamento	56
Tabela 15: Análise de variância da massa seca foliar	58
Tabela 16:Análise de variância para matéria seca radicular.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ATIVIDADES DE MINERAÇÃO	16
2.1.1 Atividades de mineração de basalto.....	18
2.1.2 Regulamentação da prática de mineração	19
2.2 REJEITOS DE MINERAÇÃO DE BASALTO.....	20
2.3 DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁREA POR ATIVIDADES MINERÁRIAS	21
2.4 FERTILIDADE DO SOLO	23
2.5. LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	26
2.5.1 Lodo obtido com a utilização de sulfato de alumínio	30
2.5.2 Lodo obtido com a utilização de Policloreto de Alumínio (PAC).....	31
2.5.3 Lodo de Coagulantes férricos	31
2.5.4 Lodo de coagulantes vegetais.....	32
2.6 VERMICOMPOSTAGEM.....	34
2.6.1 Características do vermicomposto	35
2.6.2 Características do lixiviado	36
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1 REJEITO DE MINERAÇÃO	38
3.3 VERMICOMPOSTO E LIXIVIADO	41
3.4 AVEIA PRETA- (AVENA STRIGOSA)	42
3.5 ETAPA I.....	42
3.5.1 Área Experimental	43
3.5.2 Delineamento Experimental	43

3.5.3 Condução do Experimento	44
3.5.4 Análise do Crescimento vegetal.....	46
3.6 ETAPA II.....	48
3.6.1 Área experimental	48
3.6.2 Delineamento experimental	49
3.6.3 Condução do Experimento	49
3.7 ANÁLISE DO CRESCIMENTO VEGETAL.....	50
4 Resultados e Discussão	52
4.1 LODO DE ETA	52
4.2 VERMICOMPOSTO E LIXIVIADO	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
Referências	63
APÊNDICE A- DADOS CRESCIMENTO VEGETAL	70
APÊNDICE B:ANÁLISE VEGETAL.....	71
ANEXO A- ANÁLISE QUÍMICA DO LODO DE ETA	72
ANEXO B- ANÁLISE QUÍMICA DO VERMICOMPOSTO	73
ANEXO C- ANÁLISE QUÍMICA DO LIXIVIADO	74

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade de grande importância econômica que, durante o processo de extração dos minerais, provém diversas alterações ambientais tais como: supressão de áreas de vegetação, reconfiguração de superfícies topográficas, impacto visual, aceleração da erosão, aumento da turbidez e assoreamento dos corpos hídricos, emissão atmosférica de gases e particulados, além da propagação de ruídos e vibrações no solo (BITAR, 2017).

Na indústria de mineração de basalto há geração de resíduos sólidos no processo de extração (estéril) e do tratamento/beneficiamento, que são designados como rejeitos. Os rejeitos, na maioria das vezes compostos por finos e ultrafinos, como pedriscos e pó de rocha não são aproveitados no processo de beneficiamento (IBRAM, 2016).

A recuperação de áreas degradadas (RAD) visa a recomposição e o desenvolvimento da vegetação do local através da reposição vegetal mantendo as espécies típicas da região. No entanto, nas áreas mineradas o teor de matéria orgânica e nutrientes na camada superficial é baixo ou inexistente. Ribeiro (2005) cita que nestes casos a incorporação de algum tipo de matéria orgânica na superfície do solo tais como: esterco de animais, resíduos de cultura verde, lodo de saneamento e resíduos compostáveis. A utilização destes materiais, além de melhorar a fertilidade do solo também se torna uma alternativa para descarte desta tipologia de resíduos, desde que sejam aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas e nos limites previstos na legislação (SBCS, 2004).

A realização deste trabalho justifica-se a partir da necessidade de recuperação da área degradada de uma pedreira de basalto desativada no município de Novo Hamburgo e da possibilidade de utilização de resíduos como rejeito de mineração, resíduos domésticos transformados em vermicomposto e lixiviado, e lodo de tratamento de água como alternativas para a substituição do solo de cobertura para plantio de forrageira (*Avena Strigosa*).

Sendo assim, este trabalho visa contribuir com os estudos relacionados à recuperação de áreas degradadas e possibilidades de alternativas de destinação ambientalmente adequada destes resíduos, principalmente do lodo de ETA, pois 62% do material gerado no país é lançado nos corpos hídricos sem qualquer tipo de tratamento, infringindo as leis de disposição de resíduos sólidos e de lançamento de efluentes em corpos d'água (IBGE, 2010).

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o uso de lodo de tratamento de água (Lodo de ETA), rejeito de mineração de basalto (RM) vermicomposto e lixiviado utilizando 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 em substituição ao solo de cobertura.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os materiais: lodo de tratamento de água, vermicomposto e lixiviado em termos de nutrientes e matéria orgânica;
- Avaliar a utilização de lodo de tratamento de água para aplicação no solo;
- Avaliar a aplicação de lixiviado proveniente do processo de vermicompostagem no plantio de gramíneas;
- Propor variações de concentrações entre os materiais para identificação da melhor condição para substituição do solo de cobertura;
- Analisar o crescimento vegetal para cada tratamento proposto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda as atividades de mineração, legislações pertinentes, impactos ambientais causados, práticas de recuperação de solo degradado utilizando rejeito de mineração, lodo de tratamento de água, vermicomposto e lixiviado de vermicompostagem como alternativa para substituição do solo de cobertura.

2.1 ATIVIDADES DE MINERAÇÃO

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; CAMPAGNA; LIP-NISSINEN, 2018).

Segundo Curi (2017) a mineração pode ser definida como um conjunto de operações unitárias para extração de minerais existentes na crosta terrestre, formados a partir de processos geológicos endógenos (vulcanismo, metassomatismo e metamorfismo) ou exógenos (intemperismo).

Esta atividade tem papel importante para a humanidade desde a Pré-História, pois pesquisas arqueológicas demonstram o interesse do homem pelos materiais geológicos, principalmente por suas propriedades físicas. A mineração evoluiu a partir da Idade da Pedra sendo considerada a segunda atividade industrial mais antiga da humanidade após a agricultura. A Pedra era o principal material utilizado, devido a sua resistência para a fabricação das ferramentas utilizadas nas tarefas diárias (CURI, 2014).

De acordo com Fernandes e Araújo (2016) 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 e 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.

O Rio Grande do Sul possui uma ampla diversidade de minérios e em diversas regiões do estado, devido a sua vasta geodiversidade que possibilita a formação de uma série de ambientes geológicos com potencial ocorrência para depósitos minerais (CPRM,2016).

A mineração está dividida em quatro fases: prospecção, exploração, desenvolvimento e lavra. As três primeiras etapas compreendem a procura da jazida, o conhecimento geológico da ocorrência mineral e os trabalhos preparatórios para exploração da jazida (CURI, 2017). A etapa de lavra é definida pelo código de mineração, como um conjunto de operações cujo objetivo é o aproveitamento industrial da jazida desde a extração de substâncias minerais úteis até o seu beneficiamento primário (BRASIL,1967).

Existem dois tipos de lavra: subterrânea e a céu aberto, esta predominante no Brasil.

Segundo Curi (2017) a classificação da metodologia utilizada para processamento da lavra leva em conta a situação dos operadores e não da jazida. Para métodos a céu aberto não há necessidade de acesso humano subterrâneo para realizá-la. Os principais métodos de lavras a céu aberto são os de exploração a seco que compreende as lavras em tiras ou fatias (*strip mining* ou *open cast mining*) lavras por bancadas (*open pit mining*) e lavras por pedreiras (*quarry mining*).

As lavras em tiras ou fatias são aplicadas em depósitos tubulares ou com camadas horizontais com pouca espessura de capeamento. Este método é mais utilizado em minérios de bauxita, carvão e xisto betuminoso e a escavação ocorre através de cortes longitudinais e paralelos formando trincheiras que podem chegar a centenas de metros de extensão.

O método por bancadas é mais utilizado quando o corpo do minério está recoberto por um capeamento espesso, como nos depósitos de minérios metálicos. Os cortes são desenvolvidos de baixo para cima até que o limite dos corpos mineralizados mais profundos seja atingido.

A lavra por pedreira é muito utilizada no Brasil para blocos de rochas industriais. Embora o termo seja utilizado popularmente para caracterizar qualquer lavra a céu aberto que produza material não metálico. Pedreira refere-se apenas às operações de lavras em que são produzidos blocos de rochas com dimensões pré-definidas (SCHERER, 2016). Pedreira é o nome atribuído no Brasil para 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.

2.1.1 Atividades de mineração de basalto

As primeiras pedreiras para extração de basalto no Brasil surgiram em meados do século XIX, durante maior parte da história, os métodos e técnicas para extração de substâncias minerais eram rudimentares. Segundo Germani (2002), o basalto muitas vezes era desagregado dos afloramentos rochosos com cunha, perfurados ou detonados com a utilização de pólvoras caseiras.

O basalto é uma rocha Ígnea ou Magmática proveniente dos extratos vulcânicos comumente encontrado nos planaltos da Região Sul do país e cuja origem é a partir do resfriamento de derramamentos vulcânicos e solidificação do magma (CPRM, 2016) e sua exploração destina-se principalmente para a produção de brita e pedra de talhe para uso na construção civil.

A execução da operação de lavra em depósitos de basalto instaura-se com o decapeamento e a remoção da camada de solo orgânico e da cobertura estéril. Na etapa de decapagem é importante remover o solo e estocar o mesmo para posterior recuperação da área degradada pela lavra (CURI, 2014).

O desmonte da rocha em pedreiras ocorre por meio da utilização de explosivos devido a eficiência técnica e o custo, mesmo que este método apresente uma série de impactos de ordem ambiental, tais como ruído, lançamentos e vibrações transmitidas à vizinhança (SCHERER, 2016).

As lavras em pedreiras são desenvolvidas em encostas e o método de lavra mais comum para desmonte é através da utilização de explosivos. O processo de cominuição, que consiste em fragmentar as rochas e minérios em partículas menores, é formado por um sistema de britagem primária e por um sistema de rebitagem e peneiramento.

A Região Metropolitana de Porto Alegre destaca-se pela viabilidade de produção de brita e produção de pedra de talhe que são obtidas a partir de rochas oriundas das formações dos derrames da Serra Geral e Botucatu (SCHERER, 2016).

2.1.2 Regulamentação da prática de mineração

A Constituição Federal de 1988, no Artigo 20, define que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União. A prática da atividade minerária é regulada pelo Código de Mineração, regulamentado pelo Decreto nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, que estabelece regras voltadas à indústria de produção mineral.

A promoção, o planejamento, o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais, bem como outorgar e fiscalizar as práticas de exploração e aproveitamento destes recursos em todo o território nacional, atendendo as normativas do Código de Mineração e do Código de Águas Minerais, instituídos respectivamente pelos Decretos Leis nº 2247/1969 e nº 7841/1945 assim como a legislação que os complementa é competência da Agência Nacional de Mineração (ANM), instituída através da Lei nº 13.575/2017 e que extinguiu o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Entretanto, cabe também ao Ministério de Minas e Energia (MME) e ao Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) a proposição de atos normativos (BRASIL, 2017).

A legislação sobre jazidas, minas e recursos minerais é competência da União, conforme a Constituição Federal Artigo 22, inciso XII. Todavia o Artigo 23, inciso VI, consigna a competência administrativa comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios permitindo que os mesmos possam legislar sobre o meio ambiente (BRASIL, 1988).

A Lei Federal Nº 6.938/81, que institui Política Nacional do Meio Ambiente no seu Artigo 3, no inciso I, define Meio Ambiente “como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. No inciso II, conceitua Degradação da Qualidade Ambiental como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente (BRASIL, 1981).

O inciso VIII refere-se sobre a recuperação de áreas degradadas (RAD) cuja regulamentação é através do decreto 97.632 de 1989. Para fins legais, recuperar uma área consiste em reabilitá-la de forma que proporcione estabilidade ambiental física, biológica e

social sem riscos à saúde e segurança, garantindo a possibilidade de outro uso potencial sustentável para a mesma (SCHERER, 2016).

A exigência do licenciamento ambiental para prática de mineração é estabelecida pela Resolução CONAMA 237/97 e pode se dar na esfera federal, estadual ou municipal, dependendo da localização, porte e potencial poluidor (BRASIL, 1997).

No estado do Rio Grande do Sul compete à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler (FEPAM), instituída pela Lei Estadual nº 9.077/1990 exercer a fiscalização e licenciar atividades e empreendimentos que possam gerar impacto ambiental.

Este órgão fiscaliza as diretrizes a serem adotadas para licenciamento ambiental para a lavra de substâncias minerais para emprego imediato na construção civil, quando minerados em bancadas a céu aberto, inclusive os parâmetros que devem ser aplicados aos taludes finais da operação.

A Resolução nº 372/2018 do Conselho Estadual de Meio Ambiente permite que os municípios sejam responsáveis pelo licenciamento de diversas atividades utilizadoras de recursos ambientais, entre elas a mineração atividade de mineração de acordo com o porte e potencial poluidor.

A mineração é a única atividade cuja Constituição Federal de 1988, no Artigo 225, parágrafo 2º obriga a Recuperação Das Áreas Degradadas - RAD (SILVA; CAMPAGNA; LIPNISSINEN, 2018).

2.2 REJEITOS DE MINERAÇÃO DE BASALTO

Na indústria de mineração há geração de resíduos sólidos no processo de extração (estéril) e do tratamento/beneficiamento, que são designados como rejeitos. Os rejeitos provenientes da mineração de basalto são compostos na maioria das vezes por finos e ultrafinos, como pedriscos e pó de rocha e que não são aproveitados no processo de beneficiamento (IBRAM, 2016).

Quanto ao método para disposição dos rejeitos deve ser levado em consideração os seguintes fatores: natureza do processo de mineração, condições geológicas e topográficas da região, poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos e condições climáticas da região (IBRAM, 2016).

Os rejeitos das pedreiras podem ser classificados conforme a etapa de produção: lavra ou beneficiamento. Estudo realizado por Kautzmann et al (2007) estima em 60.000 m³ a produção anual de produtos de basalto na região do Município de Nova Prata no Rio Grande do Sul. No entanto, para esta produção estima-se uma geração de 52.400 m³ de rejeito na etapa de lavra, sendo que na atividade de beneficiamento a geração de rejeito corresponde 7.000 m³, equivalente a aproximadamente 12% da produção.

Dentre os estudos realizados para o reaproveitamento dos rejeitos gerados no processo de extração de basalto, Kiehl (2002) apresenta resultados positivos quanto a utilização de partículas de basalto como alternativa de correção do solo com baixos níveis de nutrientes, a utilização deste material apresentou a melhoria nas condições do solo e na nutrição das plantas e torna-se uma alternativa para agricultores para utilização devido ao fato do pó de rocha apresentar um custo inferior aos fertilizantes.

2.3 DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁREA POR ATIVIDADES MINERÁRIAS

A Resolução CONAMA nº 1/86 no Artigo 1º dispõe que impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afeta a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), em sua Instrução Normativa nº 11 de 2014, uma das quais regulamentam a recuperação de área degradada (RAD) no Brasil, considera área degradada como “aquela impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema” (BRASIL, 2014).

Segundo Bitar (1997), as principais alterações ambientais causadas pela mineração podem ser resumidas em: supressão de áreas de vegetação, reconfiguração de superfícies topográficas, impacto visual, aceleração da erosão, aumento da turbidez e assoreamento dos corpos hídricos, emissão atmosférica de gases e particulados, além da propagação de ruídos e vibrações no solo.

A atividade de RAD é comumente desenvolvida por empresas mineradoras, uma vez que a atividade de mineração gera impactos diversos à paisagem e aos ecossistemas, pois ocasiona

a 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 (MECHI e SANCHES, 2010).

No Brasil, a partir de 1989 todas as empresas de mineração são obrigadas a apresentar ao órgão ambiental um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). As diretrizes para elaboração do PRAD por atividades de mineração são fixadas pela Norma ABNT – NBR 13030:1999 e deverá compreender os seguintes itens: conformação topográfica e paisagística, estabilidade controle de erosão e drenagem, adequação paisagística, revegetação, monitoramento, cronograma físico e financeiro (ALMEIDA e SANCHEZ, 2005).

No estado do Rio Grande do Sul, os critérios para o licenciamento de PRAD devem seguir o disposto na Portaria FEPAM nº 03 de 2018. 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) tem como objetivo, subsídios técnicos que viabilizem a manutenção e melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de instalação do projeto (FEPAM, 2018).

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, 2011).

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

Para RIBEIRO (2005), a maioria das propostas para recuperação de áreas impactadas pela extração mineral, visa a recuperação e o desenvolvimento da vegetação do local através da reposição vegetal mantendo as espécies típicas da região.

As práticas de restauração ou revegetação consistem 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, 2011).

A Revegetação é o método que visa o desenvolvimento de plantas que se mantenham 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). Segundo Picarelliet al (2002) é recomendado que o solo orgânico e o material estéril oriundo do processo de decapeamento seja estocado e armazenado próximo a área que será recuperada para posterior readequação topográfica e revegetação. Nas minas onde estes procedimentos são adotados apresentam resultados satisfatórios quanto ao desenvolvimento da vegetação (BITAR,1997).

Quando estocado de forma inadequada, o solo de cobertura sofre alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas, principalmente quando exposto a alta precipitação, pois existe um elevado potencial de perda de N por lixiviação (ARTICO, 2018).

Nas áreas mineradas, o teor de matéria orgânica e nutrientes na camada superficial é baixo ou inexistente. Ribeiro (2005) cita que nestes casos a incorporação de algum tipo de matéria orgânica na superfície do solo pode acelerar o processo de revegetação.

Segundo Bitar (1997), no Brasil, técnicas de revegetação vêm sendo aplicadas há muitos anos, sobretudo a partir do final da década de 70 em minerações de grande porte. Para esta técnica o plantio de gramíneas de crescimento rápido com ciclo de vida curto, leguminosas ou forrageiras, é recomendado nas fases iniciais, pois proporciona a mais rápida recomposição da camada de solo.

2.4 FERTILIDADE DO SOLO

O solo é um dos recursos naturais mais importantes para a qualidade de vida do homem, pois possui diversas funções nos ciclos da água e de nutrientes importantes para a sustentabilidade dos sistemas naturais, sendo este um fator determinante para a determinação da tipologia vegetal (EMBRAPA, 1999).

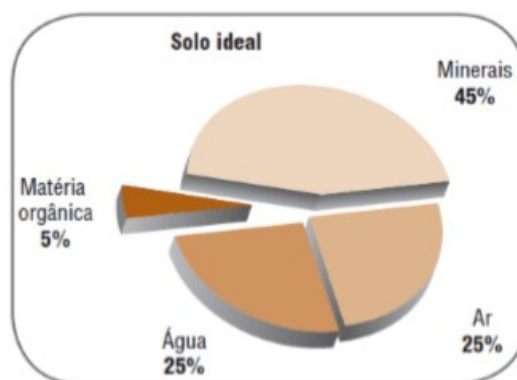
Os solos são constituídos por matéria mineral e orgânica, água e ar e sua formação ocorre por meio da decomposição da rocha que leva à formação de pequenas partículas minerais que são misturadas às partículas orgânicas, provenientes da decomposição de pequenos animais e restos de plantas, dando origem às camadas superficiais do solo, muito importantes para o crescimento das plantas, pois é nelas que se concentra grande parte de suas raízes (COELHO *et al.*, 2013).

A formação do solo também depende de fatores como o clima, os organismos, o relevo e o tempo. Com o passar do tempo, a rocha, material de origem é decomposta, tanto pelas alterações climáticas como por organismos, promovendo adições, perdas, transportes e transformações de matéria mineral e orgânica ao longo de sua formação.

A maioria dos solos apresenta em sua composição o percentual de 1 a 6% de matéria orgânica, concentrada principalmente na superfície. Embora em pequena quantidade na maioria dos solos, a matéria orgânica influencia muito nas suas propriedades e o crescimento das plantas, pois tem papel importante na formação e estruturação do solo, pois promove a união das partículas minerais (silte, areia e argila) além de aumentar a capacidade de retenção de água da chuva e a capacidade do solo de reter e fornecer nutrientes minerais, tais como fósforo, enxofre, nitrogênio e potássio, que garantem a sobrevivência das plantas (COELHO et al, 2013).

Batista *et al.* (2018) apresentam a proporção necessária de cada um dos componentes do solo necessários para o bom crescimento das plantas (Figura1).

Figura 1: Proporção de componentes do solo



Fonte: Adaptado de BATISTA *et.al* (2018)

Segundo a Embrapa (1999) solos considerados bons são aqueles que contêm quantidades similares de água e ar, ocupando aproximadamente metade de seu volume. As partículas minerais, principalmente aquelas muito pequenas (argilas) atraem a água do solo, determinando seu movimento e disponibilidade para as raízes das plantas. A Água do solo, também chamada de solução do solo, contém inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas que são absorvidas pelas raízes. Esta solução, rica em nutrientes, é essencial para o desenvolvimento das plantas.

O ar existente no solo, possibilita o armazenamento da água para as plantas e organismos, a drenagem do excesso de água da chuva evita a erosão e facilita o crescimento das raízes.

Outro fator que deve ser considerado é a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo que reflete a capacidade que o solo possui de reter ou liberar os nutrientes à solução do solo para serem aproveitados pelas plantas. Solos com baixa CTC são decorrentes de baixo teor de argila e matéria orgânica, possuem baixa fertilidade e estão mais suscetíveis à lixiviação de cátions e necessitam de correção de acidez e adubação de manutenção. Quanto maior a CTC, maior será a capacidade do solo em armazenar cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio e maior será a fertilidade. A partir dos valores de CTC é possível definir a melhor época de aplicação e dosagem de fertilizantes (EMATER, 2000).

A melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo é possível através da adubação orgânica consiste em incorporar ao solo materiais orgânicos. Esta prática possui inúmeras vantagens como: fornecimento de nutrientes, agregação do solo, melhoria da estrutura, aeração, drenagem, capacidade de armazenamento da água no solo e aumento da CTC (EMATER, 2000).

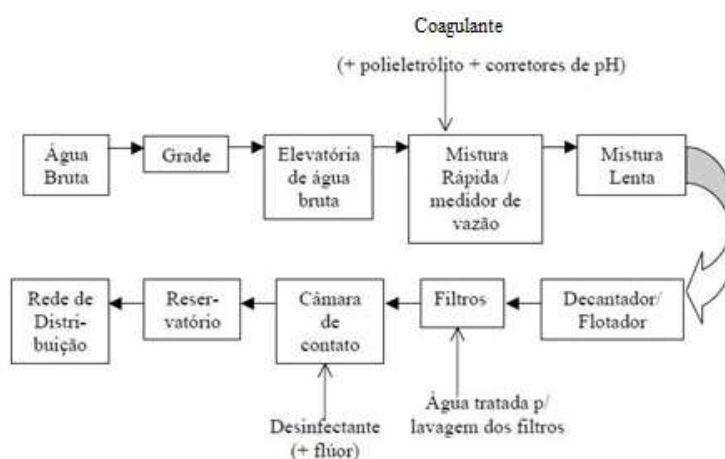
Vários materiais orgânicos podem ser utilizados como fertilizante, tais como: esterco de animais, resíduos de cultura verde, lodo de saneamento, resíduos compostáveis. A utilização destes materiais, além de melhorar a fertilidade do solo também se torna uma alternativa para descarte desta tipologia de resíduos, desde que sejam aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas e nos limites previstos na legislação (SBCS, 2004).

2.5. LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

A água bruta captada em rios e reservatórios passa por diversos processos até que se torne potável para consumo humano, pois apresenta elevados graus de cor e turbidez, com material coloidal e organismos em geral (RICHTER e NETTO, 2013).

As impurezas contidas na água bruta apresentam carga superficial negativa impedindo a aproximação dessas partículas, permanecendo no meio líquido. Para remoção dessas partículas são necessárias alterações das características através dos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). O sistema de tratamento de água mais utilizado é o tratamento convencional conforme ilustrado na Figura 2.

Figura2: Etapas do tratamento convencional



Fonte: Vanacôr (2005)

No processo de coagulação são adicionados coagulantes à base de sais de alumínio e ferro, polímeros sintéticos ou coagulantes vegetais que resultam em dois fenômenos: o primeiro consiste nas reações do coagulante com a água e na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva. O segundo consiste no transporte das espécies hidrolisadas para fazer contato com as impurezas da água bruta (PAVANELLI, 2001)

O agente coagulante, ao ser introduzido na água, faz com que os colóides que se mantinham separados de uma forma equidistantes uns dos outros passem a se agrupar criando uma nova configuração de agrupamento dando início ao processo de floculação (PIANTÁ, 2008).

Na etapa de floculação, as impurezas contidas na água, desestabilizadas na fase anterior, se agregam formando flocos que serão encaminhados aos decantadores (DI BERNARDO e DANTAS 2005).

A decantação é o processo onde ocorre a sedimentação dos flocos suspensos, devido a forças gravitacionais fazendo a separação de partículas com densidade superior à da água. Estas partículas são depositadas no fundo do decantador, tornando a água mais clarificada (RICHTER e NETTO, 2013).

Na etapa de decantação é gerado um resíduo conhecido como lodo, composto por materiais concentrados da água bruta, acrescido de coagulantes (orgânico, sais de alumínio ou ferro) e carbonato (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). No entanto, a quantidade e a composição deste lodo dependem da qualidade da água bruta captada e do tipo de coagulante utilizado no tratamento.

Os lodos de estações de tratamento de água (ETA) são geralmente classificados como resíduos sólidos Classe II-A, de acordo com NBR 10.004 (ABNT, 2004), devendo ser dispostos e tratados como tal em atendimento ao disposto na Lei nº 12.305/2010. O Artigo 9º trata da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, devendo ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, através de técnicas de compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

A Lei nº 9.605/1998 sobre os Crimes Ambientais no Capítulo V, Seção III, artigo 54 inclui como crime ambiental: “Causar poluição de qualquer natureza que resultem ou possam resultar danos à saúde humana ou que provoque a morte de animais ou a destruição significativa da flora” (BRASIL, 1998).

As Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 estabelecem as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. A destinação final do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Água (ETA) é um dos principais desafios das empresas de saneamento considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais (BRASIL, 2005 e 2011).

No Brasil cerca de 62% do lodo gerado no tratamento de água é lançado nos corpos hídricos sem qualquer tipo de tratamento, infringindo as leis de disposição de resíduos sólidos e de lançamento de efluentes em corpos d'água (IBGE, 2010).

A preocupação com o que fazer com o lodo do tratamento de água, motivada pelos impactos ambientais causados e questionamentos dos órgãos ambientais, determina a realização de pesquisas quanto a sua caracterização e formas alternativas para destinação correta para atendimento das legislações. Dentre as alternativas tem-se a incorporação em materiais de construção civil, disposição em aterros sanitários e a aplicação controlada no solo (BITTENCOURT et al., 2012).

A aplicação deste lodo no solo é uma alternativa de destinação desde que os efeitos dos elementos presentes no lodo sejam avaliados para garantir que não haja impactos negativos no solo e no cultivo de plantas, principalmente quando se trata de lodo proveniente da utilização de sais de alumínio, pois a presença em excesso deste metal pode reduzir a disponibilidade de fósforo às plantas e causar efeito tóxico em diversas espécies cultivadas (MOTTA et al., 2005).

Os elementos mais abundantes da crosta terrestre são o Si, Al, Fe e O. Assim como o solo, o lodo de ETA tem como principais elementos Si, Al, Fe e matéria orgânica, que se apresentam normalmente na mesma faixa encontrada no solo (AWWA,1990) conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química do lodo da ETA e do solo

Parâmetros	Unidade	Lodo ETA ¹	Solo ²
pH		6,8	6-9
CaCO	%	10-25	-
Sólidos	%	6,6	75
C Orgânico		3	3
N Kjeldahl	%	0,6	0,5
Relação C:N		7:1	10:2
NH ³ -N	%	0,05	0,1
Al	%	7,1	7,1
Fe	%	6,9	4
P. Total	%	0,2	01
Cd	mg/kg	1,5	0,4
Cu	mg/kg	134	12
Ni	mg/kg	55	25
Pb	mg/kg	88	15
Zn	mg/kg	308	40

Fonte: Adaptado de CARNEIRO *et al.* (2013)

Segundo Tsutuya e Hirata (2001) a disposição do lodo no solo para recuperação de áreas degradadas torna-se interessante em virtude do aumento de macronutrientes, ajuste do pH, adição de frações minerais, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria das condições de aeração do solo. No entanto, para que esta prática seja considerada uma alternativa viável, faz-se necessário comprovar que não cause impactos negativos no solo. O Distrito Federal aplica, desde o final da década de 90, o lodo de uma ETA que utiliza o sulfato de alumínio para fins de recuperação de área degradada. Moreira *et al.* (2009), a partir da análise da aplicação de lodo no solo para recuperação de área degradada, verificou que houve a imobilização do Al trocável e de Pb anteriormente disponíveis no solo, além da transferência de nutrientes para camadas mais profundas permitindo a fixação da vegetação.

Estudo realizado por Teixeira, Melo e Silva (2005) verificou o aumento do pH do solo e dos teores de Ca e Fe, quando aplicado lodo em área degradada por mineração de cassiterita, além disso constatou a viabilidade de utilização do lodo como fertilizante devido à quantidade de nutrientes presentes que são necessários às plantas.

O lodo de ETA quando aplicado em solos degradados, eleva os teores de macronutrientes e o valor de pH e em altas doses pode causar a salinidade do solo. Para fins de recuperação de áreas degradadas diversos autores associam o uso do lodo a outro resíduo orgânico como o lodo gerado em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), material de elevado potencial agrônomico, rico em matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo (TEIXEIRA, MELO e SILVA, 2005).

2.5.1 Lodo obtido com a utilização de sulfato de alumínio

O lodo gerado a partir do emprego do coagulante sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) é composto por hidróxido de alumínio, partículas inorgânicas, coloides e outros resíduos orgânicos. A utilização de sulfato de alumínio proporciona rápida sedimentação, porém resulta em grande quantidade de lodo e baixo teor de sólidos. A Tabela 2 apresenta as características do lodo gerado a partir da utilização de sulfato de alumínio

Tabela 2:Características do lodo de sulfato de alumínio

Parâmetros	Unidade	Valores de Referência
Sólidos Totais (%)	%	0,1-4
$Al_2O_3 \cdot H_2O$ (%)	5	15-40
Inorgânicos (%)	%	35-70
Matéria orgânica		15-25
pH		6-8
DBO	mg/L	30-300
DQO	mg/L	30-5000

Fonte: RICHTER 2001

O lodo de ETA que utiliza sulfato de alumínio apresenta coloração marrom com viscosidade e consistência que lembram chocolate líquido, além de possuir difícil sedimentação ou flotação em seu estado natural (REALI,1999).

2.5.2 Lodo obtido com a utilização de Policloreto de Alumínio (PAC)

O Policloreto de Alumínio (PAC) é um coagulante polinuclear de íons de alumínio, inorgânico, catiônico e polimerizado. Comparado ao sulfato de alumínio, a utilização deste coagulante permite uma maior velocidade de formação dos flocos, garantindo a eles maior peso e conseqüentemente precipitação mais rápida e eficiente (BARRETO, 2010).

O PAC é o segundo coagulante mais utilizado no prazo, possui alta eficiência na remoção de materiais em suspensão, completamente solúvel em água e com ampla faixa de atuação de pH, inclusive em baixas temperaturas, problema enfrentado no rigor dos invernos na região sul do Brasil. (MORAES,2018).

Segundo Macedo (2001) o lodo formado com a utilização de PAC apresenta características físico-químicas semelhantes ao lodo formado com o coagulante sulfato de alumínio e ambos apresentam comportamento semelhante à produção de lodo. Estudo desenvolvido por COGOLLO (2011) identifica que a quantidade de alumínio na forma de Al_2O_3 disponível no PAC para a reação de hidrólise é cerca de 20 vezes maior, o que resulta numa menor dosagem.

2.5.3 Lodo de Coagulantes férricos

Os sais de ferro são muito utilizados nos sistemas de tratamento de água, pois devido à sua baixa solubilidade pode agir sobre uma ampla faixa de pH. O uso deste tipo de coagulante apresenta menor tempo de sedimentação e devido ao alto peso molecular, comparado ao alumínio, o lodo apresenta-se mais compacto em temperaturas reduzidas (PAVANELLI, 2001).

De modo geral, os lodos provenientes da utilização de sais de ferro apresentam características semelhantes às do lodo de sais de alumínio, conforme Tabela 3.

Tabela 3:Características do lodo sais de ferro

Parâmetros/unidade	Valores de referência
Sólidos Totais (%)	0,25- 3,5
Fe (%)	4,6 - 20,6
Sólidos Voláteis (%)	5,1 - 14,1
pH (%)	7,4 - 9,5

Fonte: RICHTER, 2001

2.5.4 Lodo de coagulantes vegetais

Os coagulantes de origem orgânica são conhecidos como polieletrólitos e são constituídos de grandes cadeias moleculares, dotados com sítios de cadeias positivas e negativas, possuem baixa massa molecular, não consomem alcalinidade e dispensam a correção de pH (SPINELLO, 2001).

De acordo com Borba (2001) e Cruz *et al.* (2005), o uso de coagulantes extraídos de vegetais possui vantagens em comparação aos sais químicos como: manutenção da alcalinidade durante todo o processo de tratamento, geração de menor volume de lodo, livre de metais pesados e com maior facilidade para destinação final.

Os taninos são materiais utilizados na produção de coagulantes e são extraídos da casca de vegetais, como a Acácia Negra que é facilmente encontrada no Brasil. Segundo Da Silva (1999), os taninos são moléculas com propriedades coagulantes, que desestabilizam os colóides com a eliminação da camada de solvatação, diminuindo o potencial zeta durante o processo de coagulação e, assim, permitindo a formação de flocos. Este coagulante pode ser utilizado no tratamento de águas residuais e de abastecimento.

Estudo realizado por Altmann (2002) apresenta o comparativo da concentração de alguns metais e nutrientes (Tabela 4) a partir da utilização dos coagulantes à base de sulfato de alumínio e tanino.

Tabela 4:Concentrações de metais e nutrientes presentes no lodo utilizando diferentes coagulantes.

Parâmetro	Lodo (sulfato de alumínio) (mg/L)	Lodo (tanino) (mg/L)
Alumínio	76.000,00	5.250,00
Cromo	118,00	11,00
Ferro	51.000,00	4.350,00
Fósforo total	115,50	183,00
Nitrogênio total	146,90	130,00
Mercúrio	0,0051	0,003

Fonte: ALTMANN, 2002

A tabela 4 demonstra que o lodo gerado com a utilização do coagulante orgânico apresenta concentração mais baixa de metais e conseqüentemente, gera um impacto menor no corpo receptor, porém as concentrações estão acima do permitido pela CONAMA 357/2005 fato este relacionado à qualidade da água bruta captada.

Atualmente a COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo emprega os coagulantes à base de taninos como auxiliar de floculação no tratamento de água em substituição aos polímeros inorgânicos. Esta técnica é amplamente difundida no país, podendo-se citar outras estações: SABESP - São Paulo/SP, SAAE – Guarulhos/SP, SAAEDOCO – Dois Córregos/SP, SANEP – Pelotas/RS, SAAEB – Bebedouro/SP, DAAE – Araraquara/SP e CESAN - Santa Teresa/ES. Algumas vantagens são indiscutíveis em relação a utilização do tanino no processo de tratamento de água, como a geração de lodo orgânico que pode ser utilizado como substrato em adubos ou na geração de energia após desidratação (RIBEIRO *et al.*, 2014). Contudo questões relacionadas ao processo e aos custos devem ser observadas.

2.6 VERMICOMPOSTAGEM

Compostagem pode ser definida como a decomposição biológica aeróbia de resíduos orgânicos sólidos e semissólidos que permitem a elevação da temperatura como resultado da produção biológica de calor, que acarreta na geração de um produto final estável livre de organismos patogênicos e que pode ser empregado no solo como corretivo orgânico para produção vegetal (AQUINO & NOGUEIRA, 2001).

A vermicompostagem é uma forma de compostagem que faz uso de minhocas para degradação da matéria orgânica. Para esta prática a espécie de minhoca mais utilizada é a *Eisenia Foetida*, mais conhecida como Minhoca Vermelha da Califórnia. Esta espécie apresenta boa adaptação em cativeiro e possui a capacidade de converter resíduos orgânicos pouco decompostos em material estabilizado (SCHIEDECK; JAHNKE & ZIBETTI, 2014).

O processo ocorre através da degradação da matéria orgânica através da microflora presente em seus tratos digestivos que ocasiona a maior aeração e drenagem do material em fase de maturação (GUERMANDI, 2015). As minhocas retiram sua nutrição dos resíduos orgânicos e a excreção ocorre na forma de partículas muito finas constituídas de terra e matéria orgânica digerida. Este material possui nutrientes como: fósforo, nitrogênio, cálcio e potássio, que através da ação microbiológica se apresentam em formas mais solúveis e disponíveis para as plantas (SARTORI, 1998).

Para eficiência do processo alguns fatores como: disponibilidade de matéria orgânica, temperatura, umidade, pH e relação C/N devem ser observados. As condições mais favoráveis para esta prática compreendem uma faixa de temperatura entre 20 e 25°C, umidade entre 70 e 85 % e pH neutro (AQUINO & NOGUEIRA, 2001).

Os produtos resultantes da vermicompostagem são o húmus e o lixiviado (húmus líquidos ou chorume), um líquido que, quando diluído em água, pode ser aproveitado como biofertilizante.

2.6.1 Características do vermicomposto

O vermicomposto é um material de coloração escura, cuja composição química pode variar de acordo com a matéria-prima utilizada como substrato. Entretanto, dependendo do substrato utilizado na produção do vermicomposto, deve-se atentar às quantidades de metais pesados para que não haja contaminação do solo e das plantas (SHIEDECK, JAHNKE & ZIBETTI, 2014)

Em média o vermicomposto apresenta 50% de umidade, pH entre 6,8 e 7,1 conforme ilustrado na Tabela 5 e relação C/N 15:1 e 11:1

Tabela 5: Características do vermicomposto

Nutrientes	Percentual (%)
Nitrogênio	1,5
Fósforo	1,3
Potássio	1,7
Cálcio	1,4
Magnésio	0,5

Fonte: SHIEDECK, JAHNKE & ZIBETTI, 2014

O vermicomposto representa excelente condicionador no solo favorecendo a melhoria das propriedades físicas do mesmo. O processo de vermicompostagem altera a composição das substâncias húmicas tornando a mineralização mais lenta e a liberação de nutrientes gradualmente mais lenta (ALTIERI, 2004).

Apesar das qualidades do húmus de vermicompostagem, de acordo com Shiedeck, Jhank e Zibetti (2014), existem restrições ao seu uso devido à dificuldade de aplicação nas adubações pós-plantio nos cultivos com cobertura morta ou pela possibilidade de agir como um disseminador de sementes de plantas espontâneas.

2.6.2 Características do lixiviado

O lixiviado proveniente da vermicompostagem apresenta alto valor nutricional e biológico e pode ser utilizado, de forma controlada, como biofertilizante, auxiliando no desenvolvimento da cultura de plantas (SHIEDECK, JAHNKE & ZIBETTI, 2014).

Este material pode ser utilizado como uma alternativa para adubação orgânica, pois apresenta em sua composição nutrientes minerais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, ferro, manganês, magnésio, zinco, cobre e cobalto, além de ácidos húmicos com grande carga microbiológica e ácidos orgânicos que estimulam o crescimento das plantas, além de organismos que favorecem as relações de equilíbrio entre as populações existentes no solo (ARTEAGA *et al.*, 2007).

Dentre os benefícios da utilização do lixiviado da vermicompostagem, estudos apontam o aumento da CTC do solo, redução da mobilidade de nutrientes e aumento da atividade enzimática, além da resistência das plantas a patógenos, incremento da fixação biológica de nutrientes, nitrogênio e carbono, favorecendo o desenvolvimento das plantas (ZHANG *et al.* 2015) (ECHER,2016).

Assim como o vermicomposto, a qualidade química e biológica do lixiviado dependerá, da origem do material que foi vermicompostado, podendo apresentar variações quanto aos parâmetros nutricionais, de pH e condutividade elétrica (INGHAM, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas: a etapa I, de caráter exploratório, consiste na coleta e análise dos materiais para a definição dos tipos de tratamento enquanto a etapa II consiste na réplica do experimento utilizando os resultados mais representativos da etapa I e análise dos dados obtidos.

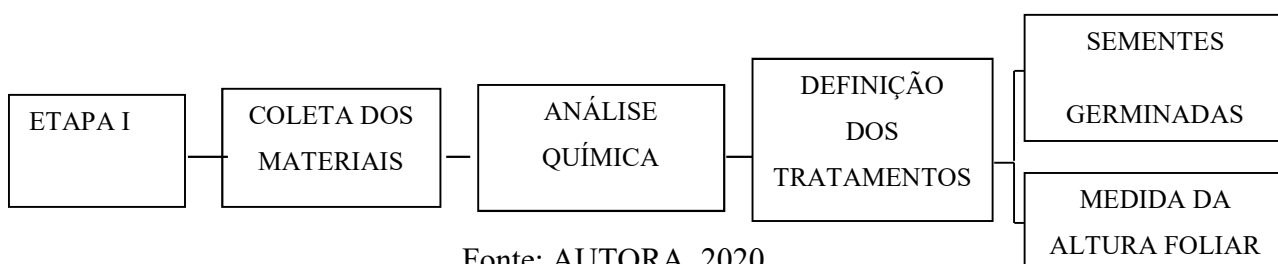
Para realização do experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Rejeito de Mineração- RM
- Vermicomposto- Composto
- Lixiviado- Chorume de vermicompostagem
- Lodo de estação de tratamento de água- Lodo ETA
- Sementes de Aveia Preta- *Avena Strigosa*

Os materiais utilizados foram coletados individualmente e realizada a amostragem para o vermicomposto e lodo de ETA conforme a determinação da NBR 10.007 (ABNT, 2004) e posteriormente realizada a análise química para caracterização.

A primeira etapa (Figura 3) constituiu-se da coleta e análise química dos materiais empregados. Com base na caracterização de cada um deles, os materiais foram misturados, considerando os teores de Matéria Orgânica, Nitrogênio, Fósforo e Potássio de cada material para o plantio de aveia preta (SBCS, 2016), originando inicialmente 8 tipos de tratamentos colocados em vasos plásticos com volume de 2L, que posteriormente receberam as sementes. Após o ciclo de crescimento, foram verificados os tratamentos com maior percentual de germinação e altura foliar para a realização da Etapa II do trabalho.

Figura 3: Fluxograma da etapa I do experimento



Fonte: AUTORA, 2020

Na segunda etapa (Figura 4) os tratamentos com resultados mais significativos foram replicados e após o período de 45 dias foram contabilizadas as sementes germinadas, mensuradas a altura e a massa de matéria foliar e radicular.

Figura 4: Fluxograma da etapa II do experimento



Os procedimentos para coleta e preparação dos materiais até a obtenção dos resultados são apresentados a seguir.

3.1 REJEITO DE MINERAÇÃO

O rejeito de mineração (RM) é proveniente da pedreira de basalto desativada (Figura 5) de propriedade da Prefeitura do município de Novo Hamburgo, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul que ocupa uma área de 38,8 hectares.

Figura 5: Local de coleta do RM

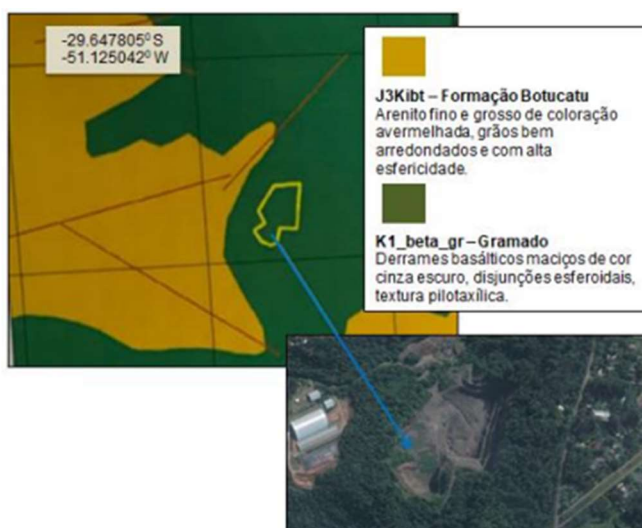


Fonte: AUTORA, 2019

Na região de localização da pedreira há a ocorrência de rochas vulcânicas da formação da Serra Geral, composta por derrames basálticos que se encontram na Fácies Gramado, cujas características são derrames granulares finos a médios, maciços com coloração cinza escuro, horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas e saponita, com estruturas de fluxo intercalantes com os arenitos Botucatu (CPRM,2016).

A coleta do material ocorreu nas coordenadas apresentadas no estudo de Artico (2018) (Figura 6) e encontravam-se dispostos em pilhas distintas localizadas na cava (Figura 7). Visando melhor representatividade o material foi coletado em diferentes pontos das pilhas e armazenados em sacos para posterior utilização.

Figura 6: Localização da cava de coleta do material



Fonte: ARTICO, 2018

Figura 7: Coleta do RM



Fonte: AUTORA, 2019

3.2 LODO DE ETA

A coleta do lodo ocorreu na Estação de Tratamento de Água da COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo, localizada no bairro Rondônia.

A ETA é responsável pelo abastecimento de 98% da área urbana do município de Novo Hamburgo, o sistema de tratamento opera durante 24 horas diárias e trata em média 700 l/s (COMUSA, 2017).

O Sistema de tratamento adotado é físico-químico convencional completo, composto pelas etapas de coagulação/ floculação, decantação, filtração e desinfecção cuja estrutura está apresentada na Figura 8.

Figura8: Planta da estrutura da ETA da COMUSA



Fonte: COMUSA ,2017

A COMUSA utiliza um agente coagulante à base de cloreto de polialumínio (PAC) e como auxiliar de floculação um produto orgânico, vegetal, à base de tanino, extraído da casca da árvore Acácia Negra (COMUSA,2017).

A coleta do material in natura ocorreu em dois tanques decantadores no fundo próximo à cortina difusora (Figura 9) localizada na entrada do tanque onde o lodo apresenta menor umidade e maior concentração de sólidos.

Figura9: Local de coleta do lodo



Fonte: AUTORA, 2019

Atualmente o lodo gerado é descartado in natura nas redes coletoras de esgoto pluvial e posteriormente no Arroio Luiz Rau. Este córrego corta a área urbana do município e recebe grande quantidade de efluentes sem o tratamento adequado (COMUSA, 2017).

Após a coleta, o lodo foi seco em temperatura ambiente por 30 dias e amostrado conforme NBR 10007 (ABNT, 2004) e submetido à análise química no laboratório de análises de solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

3.3 VERMICOMPOSTO E LIXIVIADO

O vermicomposto e o lixiviado foram coletados na planta piloto de vermicompostagem domiciliar instalada em condomínio residencial vertical formado por 72 unidades habitacionais, localizada no município de Novo Hamburgo.

A matéria prima para obtenção do vermicomposto, são resíduos domiciliares orgânicos compostáveis, dispostos em caixas para compostagem e realizado por Minhocas Vermelhas da California que promovem e aceleraram o processo de degradação da matéria orgânica, transformando estes resíduos em húmus sólido (vermicomposto) e lixiviado.

Os materiais coletados são provenientes da mistura dos materiais coletados nos 9 conjuntos existentes (Figura 10), visando melhor representatividade da amostra.

Figura 10: Vermicomposto e lixiviado



Fonte: AUTORA, 2019

Os materiais coletados foram encaminhados para submissão à análise química no laboratório de solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

3.4 AVEIA PRETA- (AVENA STRIGOSA)

Para plantio, optou-se pela utilização de aveia preta, devido às características de produção de massa verde e rápido desenvolvimento, principalmente nas regiões Sul do país. As sementes foram adquiridas no comércio varejista nos meses de agosto de 2019, para a primeira etapa, e fevereiro de 2020, para a segunda etapa.

3.5 ETAPA I

A etapa I corresponde ao estudo exploratório para verificar as condições mais representativas do experimento. Os dados referentes ao desenvolvimento desta serão apresentados a seguir:

3.5.1 Área Experimental

A etapa I do experimento foi instalada em área aberta junto ao Laboratório de Estudos Ambientais para Metalurgia - LeaMet, localizado Centro de Tecnologia da UFRGS, no município de Porto Alegre.

3.5.2 Delineamento Experimental

A partir da análise dos materiais utilizados foram delimitados 8 tipos de tratamentos, compostos por 8 blocos (repetições), totalizando 64 unidades experimentais conforme Tabela 6, e delineadas em blocos casualizados.

Tabela 6: Composição dos tratamentos.

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

Fonte: AUTORA, 2019

Para caracterizar ambientes heterogêneos, foi realizado o sorteio dos tratamentos dentro de cada bloco de acordo com a Tabela 7

Tabela 7: 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

A metodologia para definição dos tratamentos, foi semelhante à utilizada por Artico (2018), considerando o teor de matéria orgânica obtido na análise química de cada material a ser utilizado e teor de nitrogênio, fósforo e potássio necessário no solo para o plantio de aveia preta.

De acordo com a SBCS (2016) o percentual de matéria orgânica no solo é considerado alto quando atinge valores superiores a 5%. Para tanto adotou-se os valores de 3,2% correspondentes ao teor de matéria orgânica do solo de cobertura da pedra de basalto e 1,8% aos dados históricos de licenciamento ambiental da FEPAM para solos de pedra de basalto na região (ARTICO,2018).

Para conversão dos valores de carbono orgânico (C.O) para matéria orgânica (M.O) utilizou-se o fator de Van Bemmelen comumente utilizado para estimar o valor de MO nos solos, conforme representado na equação 01.

$$M.O. = C.O. \times 1,723 \text{ (fator de Van Bemmelen)} \quad (01)$$

3.5.3 Condução do Experimento

Após a coleta o lodo de ETA foi transferido para caixas (Figura 11) e submetido ao processo de secagem natural, para a redução do volume durante o período de 40 dias. O RM foi submetido a processo de secagem semelhante durante o período de 30 dias.

Durante este período os materiais foram cobertos durante a ocorrência de precipitação, durante a noite e incidência de alta umidade.

Figura 11: Secagem do lodo de ETA



Fonte: AUTORA, 2019

Para montagem do experimento o lodo de ETA, RM e vermicomposto foram pesados de acordo com os cálculos de MO para cada tipo de tratamento proposto. Foram utilizados aproximadamente 55kg de RM, 5kg de Lodo de ETA, 2 kg de vermicomposto e 12 litros de lixiviado.

Os materiais conforme, a composição de cada tratamento, foram homogeneizados e transferidos para cada vaso, utilizado como unidade experimental (UE) com 20cm de diâmetro e 17 cm de altura. Cada UE recebeu um furo de 2mm para fins de drenagem distante 3 cm da base e foi identificada de acordo com o tratamento adotado e disposto em bancadas contendo 8 blocos e 8 linhas (Figura 12) conforme a sequência apresentada na Tabela 7.

Figura 12: Experimento instalado em blocos e linhas



Fonte: AUTORA, 2019

No dia 14 de setembro de 2019, foram plantadas em cada vaso 20 sementes de aveia preta, na profundidade de aproximadamente 1 cm.

Para irrigação foi adotado o valor de 60% de capacidade de campo para todos os tratamentos. Foi utilizada água de abastecimento para os tratamentos A, B, E e F enquanto nos demais foram irrigados com lixiviado diluído na proporção 1:20.

Durante o período foi verificada a necessidade de irrigação considerando os dados obtidos através do monitoramento do pluviômetro instalado no local (Figura 13).

Figura 13: Pluviômetro instalado no Centro de Tecnologia



Fonte: AUTORA, 2019

3.5.4 Análise do Crescimento vegetal

A partir do plantio foi monitorado o período de germinação das sementes e realizado o levantamento da quantidade de sementes germinadas para cada um dos tratamentos. O início da germinação ocorreu após 7 dias da semeadura e 45 dias do plantio foram verificados os tratamentos com germinação de 10 ou mais sementes e extraídas as amostras para medição da altura foliar.

Foram utilizados como critérios para verificação de eficiência dos tratamentos o percentual de germinação igual ou superior a 50% das sementes plantadas (≥ 10 sementes) e o crescimento vegetal aéreo igual ou superior 20 cm. Os resultados estão representados na Tabela 8.

Tabela 8: Dados obtidos após o período de 45 dias

Tratamento	Composição do tratamento	Nº de amostras com mais de 10 sementes germinadas	Crescimento superior a 20cm (nº de amostras)
A	RM (86%) + Lodo ETA (14%)	3	3
B	RM (96%) + Composto (4%)	4	3
C	RM (56%) + Lixiviado (44%)	1	0
D	RM (68%) + Lodo ETA (7%) + Composto (3%) + Lixiviado (22%)	5	5
E	RM (75%) + Lodo ETA (25%)	3	2
F	RM (93%) + Composto (7%)	3	3
G	RM (20%) + Lixiviado (80%)	1	1
H	RM (43%) + Lodo ETA (13%) + Composto (4%) + Lixiviado (40%)	4	4

Fonte: AUTORA, 2021

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. 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. Após o período de 45 dias foi realizado o levantamento da quantidade de sementes germinadas para cada tipo de tratamento e medindo o crescimento da folha conforme Figura 14 a seguir.

Figura 14: Medição do crescimento vegetal



Fonte AUTORA, 2019

Os tratamentos C e G foram os que apresentaram os resultados mais insatisfatórios devido ao limitado desenvolvimento vegetal. Estes tratamentos apresentaram apenas 12,5% das sementes germinadas e menor crescimento vegetal. Tal fator provavelmente deve-se às características dos solos derivados de basalto que possuem baixo percentual de matéria

orgânica, baixos teores de potássio e baixa disponibilidade de nutrientes no solo (FAGERIA e STONE, 2006). Assim, as sementes foram plantadas em um solo com características predominantemente inertes e apenas irrigados com o lixiviado, que apresentava melhores condições nutricionais e de teor de matéria orgânica.

Estudo de ECHER (2016) aponta que ainda são escassas as informações dos processos biológicos e a composição nutricional após a aplicação do lixiviado no solo e proposta mais adequada em termos de recomendação de aplicação, concentração, dose, fracionamento, sistema de aplicação para os diferentes cultivos.

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 (Tratamentos D e H). A partir dados obtidos o experimento foi replicado, utilizando apenas os tratamentos A, B, D, E, F e H.

3.6 ETAPA II

A etapa II consiste na réplica do experimento considerando as mesmas amostras e os tratamentos que apresentaram as melhores condições de desenvolvimento: germinação igual ou superior a 50% das sementes e crescimento vegetal superior a 20cm na etapa anterior. Os dados correspondentes à execução da etapa II são descritos a seguir:

3.6.1 Área experimental

A etapa I do experimento foi instalada em área aberta junto ao domicílio da autora no município de Novo Hamburgo.

3.6.2 Delineamento experimental

A partir da análise preliminar na Etapa I delimitados 6 tipos de tratamentos, compostos por 6 blocos (repetições), descritos na Tabela 8 totalizando 36 unidades experimentais conforme Tabela 9.

Tabela 9: Composição dos tratamentos

Tratamentos	Materiais	Percentual de cada material
A	RM + Lodo ETA (1,8 % MO)	RM (86%) + Lodo ETA (14%)
B	RM + Composto (1,8% MO)	RM (96%) + Composto (4%)
C	RM+ Lodo ETA+ Composto + Lixiviado	RM (68%) + Lodo ETA (7%) + Composto (3%) + Lixiviado (22%)
D	RM + Lodo ETA (3,2 % MO)	RM (75%) + Lodo ETA (25%)
E	RM + Composto (3,2 % MO)	RM (93%) + Composto (7%)
F	RM+ Lodo ETA+ Composto + Lixiviado (3,2% MO)	RM (43%) + Lodo ETA (13%) + Composto (4%) + lixiviado (40%)

Fonte: AUTORA, 2020

Os tratamentos utilizados apresentaram a mesma composição da etapa anterior e os quais foram delimitadas em blocos casualizados, de acordo com a representação na Tabela 10.

Tabela 10: Disposição dos tratamentos em blocos.

Bloco I	A	B	C	D	E	F
Bloco II	B	C	A	E	F	D
Bloco III	F	E	D	C	B	A
Bloco IV	C	A	E	F	B	D
Bloco V	D	F	B	A	C	E
Bloco VI	E	D	F	B	A	C

Fonte: AUTORA, 2020

3.6.3 Condução do Experimento

Para montagem do experimento o lodo de ETA, RM e vermicomposto foram pesados de acordo com os cálculos de MO para cada tipo de tratamento proposto. Foram utilizados aproximadamente 40kg de RM, 5kg de Lodo de ETA, 2 kg de vermicomposto e 9 litros de lixiviado.

Os materiais foram homogeneizados de acordo com a composição de cada tipo de tratamento e transferidos para cada vaso, contendo três furos de 2mm na parte lateral para fins de drenagem em altura de aproximadamente 3 cm da base. Cada UE e foi identificada de acordo com o tratamento adotado e disposto em bancadas contendo 6 blocos e 6 linhas (Figura 15) conforme a sequência apresentada na Tabela10.

Figura15:Experimentos instalados em blocos e linhas



Fonte: AUTORA, 2020

3.7 ANÁLISE DO CRESCIMENTO VEGETAL

O plantio das sementes nesta etapa ocorreu em 20 de fevereiro de 2020. Cada vaso recebeu 20 sementes a 1 cm de profundidade que germinaram em média 12 dias após a semeadura, Figura 16.

Figura16:Início do processo de germinação



Fonte: AUTORA, 2020

O crescimento da aveia preta foi monitorado até 10 de maio de 2020, quando foram realizadas as medidas de altura e colhidas as folhas e as raízes.

Coleta da parte aérea e radicular

A coleta do material ocorreu após a retirada dos vasos e realizada a separação e limpeza das folhas e raízes para posterior pesagem. Em seguida folhas e raízes foram separadas, limpas e armazenadas em embalagens de papel identificadas para posterior quantificação da matéria seca, de acordo com cada tipo de tratamento.

A altura e a massa das folhas e a massa das raízes foram medidas e os dados transferidos para uma planilha e posterior análise estatística através da análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância para verificação de possíveis mudanças entre os tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os dados correspondentes a caracterização dos materiais: Lodo de ETA, Vermicomposto e Lixiviado, à medição da altura foliar, massa seca foliar e radicular para os 6 tipos de tratamentos.

4.1 LODO DE ETA

Os resultados da análise química do Lodo da ETA estão apresentados na Tabela 11. Laudo completo e a metodologia utilizada estão apresentados no ANEXO A.

Tabela 11: Comparativo da análise química do lodo da ETA COMUSA e dados de outras companhias de saneamento

Determinações	Unidade	LODO COMUSA ¹	LODO DMAE ²	LODO SANEPAR ³	CONAMA 375/2005
Carbono Orgânico	mg/kg	73.000	83.000	40.000	-
Nitrogênio	mg/kg	7.100	4.900	4.200	-
Magnésio	mg/kg	220	3.100	3.400	-
Enxofre	mg/kg	240	2.000	1.600	-
Fósforo	mg/kg	23	1.800	1.600	-
Cálcio	mg/kg	14	1.400	1.200	-
Sódio	mg/kg	46	609	596	-
Ferro	mg/kg	430	33.000	35.000	-
Manganês	mg/kg	11	368	795	-
Bário	mg/kg	348	169	235	1.300
Alumínio	mg/kg	78.000	-	-	-
Zinco	mg/kg	143	124	134	2.800
Cobre	mg/kg	71	70	59	1.500
Níquel	mg/kg	42	28	28	-
Cromo	mg/kg	28	28	25	1.000
Chumbo	mg/kg	<2	-	6	300
Boro	mg/kg	7	6	5	-
Mercurio	mg/kg	0,12	0,08	0,08	17

Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS DA FACULDADE DE AGRONOMIA, 2019¹
adaptado de ACQUOLINI, 2017²; CARNEIRO e ANDREOLI, 2013³

Na Tabela 11 são apresentados os dados comparativos de caracterização de lodo de ETA disponíveis com as de outras companhias de saneamento e que utilizam como coagulante sais de alumínio. Verifica-se que as concentrações dos metais presentes no lodo da COMUSA apresentam-se inferiores ao disposto na Resolução CONAMA 375/2006, que define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

O lodo da COMUSA apresenta o percentual de MO de 12,58%, tal dado foi obtido a partir da aplicação do fator de Van Bemmelen a concentração de Carbono Orgânico. O percentual de MO presente no lodo está associado à aplicação de coagulante de origem vegetal utilizado no processo e à qualidade da água bruta utilizada. O teor de matéria orgânica obtido na análise do lodo é considerado alto comparando com as características de solos naturais, de acordo com a SBCS (2014)

No entanto, considerando as características inertes do solo da pedreira de basalto apresentadas no apêndice 02, a aplicação de material com percentual elevado de matéria orgânica, contribui para a melhoria da qualidade, pois a MO exerce efeito direto nas características do solo como: retenção de água, densidade, formação de agregados, CTC e aeração (SBCS, 2014).

Observa-se que a presença de Al no lodo da COMUSA corresponde a 7,3% em sua composição. Para Ritcher (2001) a aplicação para uso agrícola de lodos provenientes da utilização da aplicação de sais de alumínio deve limitar-se a um máximo de 2,2 a 4,4 kg/m², devido a tendência que o lodo de alumínio tem de fixar o fósforo no solo, evitando a sua assimilação pelas raízes das plantas

O lodo da ETA apresenta concentração de Al de 1,46 kg/m² o que, segundo Ritcher (2011), possibilita a aplicação para uso agrícola sem causar prejuízo ao desenvolvimento das plantas.

4.2 VERMICOMPOSTO E LIXIVIADO

Os resultados das análises químicas do vermicomposto e lixiviado estão apresentados nas Tabelas 12 e 13 respectivamente. Os laudos completos e as metodologias utilizadas estão apresentados no ANEXO B e C.

Tabela 12: Caracterização química do vermicomposto e limites estabelecidos pela legislação

Determinações	Unidade	Vermicomposto	Limites legislação*
pH		8,3	> 6,0
Carbono Orgânico	(mg/kg)	28.0000	> 100.000
Nitrogênio	(mg/kg)	36.000	>5.000
Magnésio	(mg/kg)	76.000	-
Enxofre	(mg/kg)	39.000	-
Fósforo	(mg/kg)	88.000	-
Cálcio	(mg/kg)	40.000	-
Sódio	(mg/kg)	43.000	-
Ferro	(mg/kg)	67.000	-
Manganês	(mg/kg)	948	-
Bário	(mg/kg)	699	-
Alumínio	(mg/kg)	6.000	-
Cádmio	(mg/kg)	<0,2	<0,7
Zinco	(mg/kg)	152	<200
Cobre	(mg/kg)	52	<70
Níquel	(mg/kg)	9	-
Cromo	(mg/kg)	22	<
Chumbo	(mg/kg)	5	<7,0
Boro	(mg/kg)	68	-
Mercúrio	(mg/kg)	0,04	<0,4

* Instrução Normativa Nº 25, 23/07/2009 (BRASIL, 2009); Instrução normativa nº 17, 18/06/2014, MAPA;

Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS DA FACULDADE DE AGRONOMIA- UFRGS, 2019

Tabela 13:Caracterização química do lixiviado

Determinações	Unidade	Lixiviado	Limites legislação*
pH		7,7	> 6,0
Carbono Orgânico	mg/L	2.300	> 100.000
Nitrogênio	mg/L	261	>5.000
Fósforo	mg/L	74	-
Potássio	mg/L	3.500	-
Cálcio	mg/L	215	-
Magnésio	mg/L	178	-
Enxofre	mg/L	68	-
Cobre	mg/L	0,22	-
Zinco	mg/L	1,1	-
Ferro	mg/L	15	-
Manganês	mg/L	7,2	-
Sódio	mg/L	261	<0,7
Cádmio	mg/L	<0,002	<200
Cromo	mg/L	0,19	<70
Níquel	mg/L	0,23	-
Chumbo	mg/L	0,60	<
Bário	mg/L	0,50	<7,0
Boro	mg/L	68	
Mercúrio	mg/L	0,04	<0,4

* Instrução Normativa N° 25, 23/07/2009 (BRASIL, 2009); Instrução normativa n° 17, 18/06/2014, MAPA;

Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS DA FACULDADE DE AGRONOMIA- UFRGS (2019)

De acordo com os resultados obtidos na caracterização dos materiais e aplicando o coeficiente para determinação da % de MO, verifica-se que o vermicomposto apresenta teor de 48% de MO, multiplicando a concentração de carbono orgânico pelo fator de Van Bemmelen. Este material é rico em nutrientes e quando adicionado ao solo com características inertes possibilita a elevação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. O lixiviado apresenta teores de 3,96% de MO e é composto por elementos minerais como N, P, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, Co e Cu. O material analisado apresenta pH de 8,3 e 7,7 e sua aplicação no solo

possibilita a elevação do pH, o que torna a sua aplicação benéfica principalmente em solos da região sul do país que normalmente são ácidos.

Observa-se que os teores de Cu e Zn atendem o limite da legislação. O solo degradado por mineração de basalto apresenta valores baixos destes micronutrientes que possuem funções de ativação estrutural e enzimática nas plantas. O Cu está envolvido em processos metabólicos como fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos e reprodução. Já o Zn está associado com metabolismo de carboidratos, regulação da expressão gênica, integridade estrutural do ribossomo e metabolismo de fosfato, além de sintetização de enzimas como as desidrogenases, proteinases e peptidases (MARSCHNER, 1995).

As demais características do vermicomposto, atendem aos parâmetros da legislação vigente, sob responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o que demonstra a possibilidade de aplicação no solo e nas plantas e a sua comercialização.

4.3 GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO VEGETAL

A tabela 14 apresenta os dados de germinação (≥ 10 sementes) e a média da altura foliar após o ciclo de para os 6 de tratamentos que foram replicados.

Tabela 14: Germinação e média da altura foliar para cada tratamento

Tratamento	Composição do tratamento	Sementes germinadas (n° de amostras)	Média altura (cm)
A	RM (86%) + Lodo ETA (14%)	2	26
B	RM (96%) + Composto (4%)	3	28
C	RM (68%) + Lodo ETA (7%) + Composto (3%) + Lixiviado (22%)	5	30
D	RM (75%) + Lodo ETA (25%)	3	27
E	RM (93%) + Composto (7%)	4	28
F	RM (43%) + Lodo ETA (13%) + Composto (4%) + Lixiviado (40%)	5	38

Fonte: AUTORA, 2021

Aplicando-se a análise de variância quanto à disposição dos blocos das amostras verificou-se que o valor-P foi de 0,051, o que indica que o posicionamento das UE nos blocos não diferiu significativamente no que diz respeito ao crescimento vegetal.

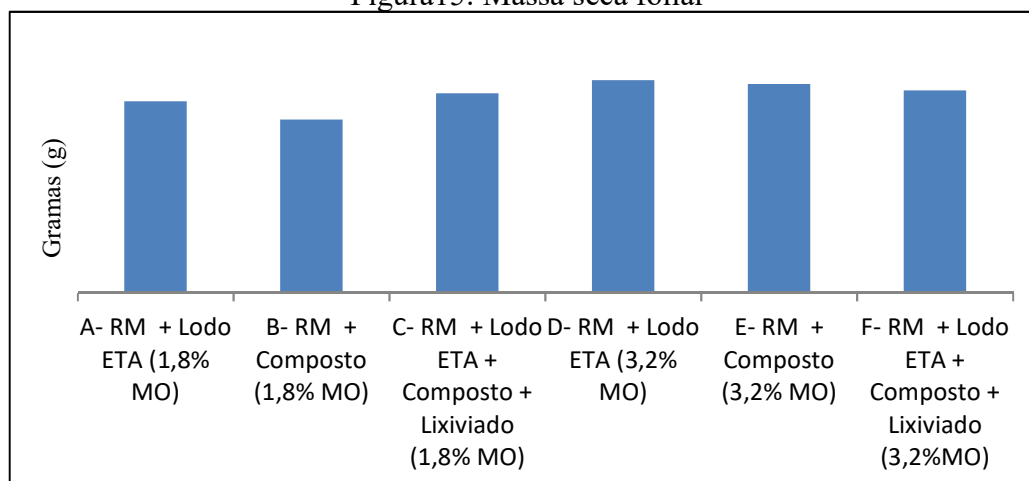
Verifica-se que os tratamentos C e F apresentaram maior índice de germinação correspondente a 83,3% do total de UE e também a maior média de crescimento foliar. O tratamento A foi o que apresentou os resultados mais insatisfatórios, apenas 33% das UE apresentaram germinação de 10 sementes ou mais e o crescimento foliar de 26 cm. Observa-se que 5 tratamentos apresentaram valores próximos no que diz respeito ao crescimento foliar.

Os tratamentos D, E e F que apresentaram o percentual de matéria orgânica 3,2% apresentaram resultados mais satisfatórios.

Análise da Massa seca vegetal

A Figura 15 apresenta os valores médios, em gramas, da matéria seca foliar de aveia preta, para os tratamentos propostos após o período de 45 dias.

Figura15: Massa seca foliar



Fonte: AUTORA, 2021

Observa-se que todos os tratamentos apresentaram valores médios aproximados para massa seca foliar. Os melhores resultados obtidos foram para os tratamentos D e E cuja média foi de

1,6901 e 1,6588 respectivamente. Os tratamentos com percentual de matéria orgânica 1,8% apresentaram as menores médias 1,3765(B),1,5202 (A) e 1,5835 (C).

Dos tratamentos que apresentam a composição semelhante, e os tratamentos C e F foram os que apresentaram menor diferença na massa do material analisado 0,0243g. A maior diferença identificada, 0,2823 g, corresponde aos tratamentos compostos por RM + Composto.

As melhores condições para cultivo de aveia preta, foram para os tratamentos com percentual de MO de 3,2% considerando que a diferença de massa na média entre os tratamentos foi de 0,08g.

A tabela 15 que apresenta análise de variância demonstra que os tratamentos propostos não diferiram no que diz respeito à produção de massa seca foliar.

Tabela 15: Análise de variância da massa seca foliar

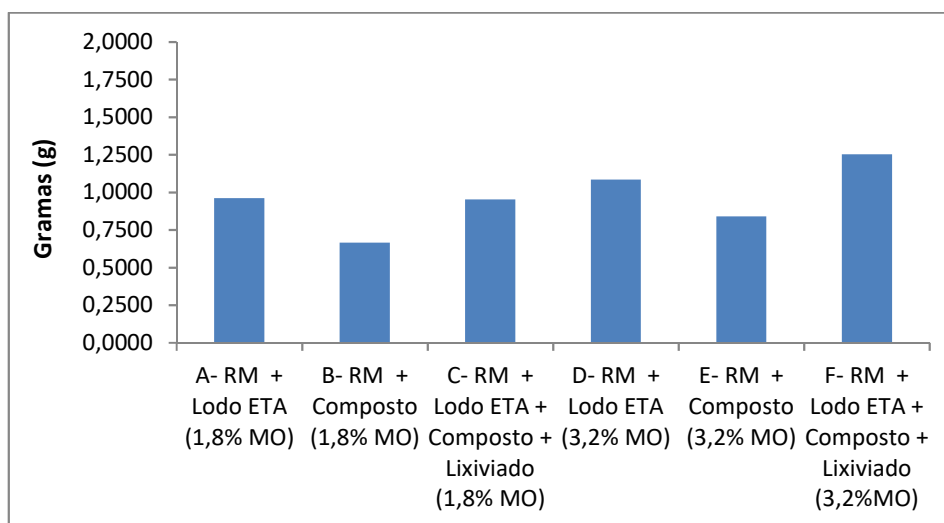
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3,856495	5	0,771299	0,698267	0,628957	2,533555
Dentro dos grupos	33,13771	30	1,10459			
Total	36,99421	35				

Fonte: AUTORA, 2021

A tabela 15 que apresenta análise de variância para um nível de significância de 95%. O valor-P superior a 0,05 demonstra que não é possível concluir se houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos propostos no que diz respeito à produção de massa seca foliar.

Os dados referentes à produção de massa seca radicular e foliar estão apresentados na Figura 16. Em todos os tratamentos a separação das raízes foi complexa devido à fixação do material de composição de cada tratamento que ocasionavam a quebra das raízes.

Figura 16: Massa seca radicular



Fonte: AUTORA, 2021

Os tratamentos F e D foram os que apresentaram maiores valores de massa radicular 1,2529 e 1,0854 g respectivamente. Observa-se que os tratamentos com composição semelhante apresentam valores médios aproximados para 1,8 e 3,2% de MO. A tabela 16 demonstra através da análise de variância que a média dos valores da massa seca radicular não apresentam diferenças significativas entre os tratamentos, considerando o valor-p ser superior a 0,05.

Tabela 16: Análise de variância para matéria seca radicular

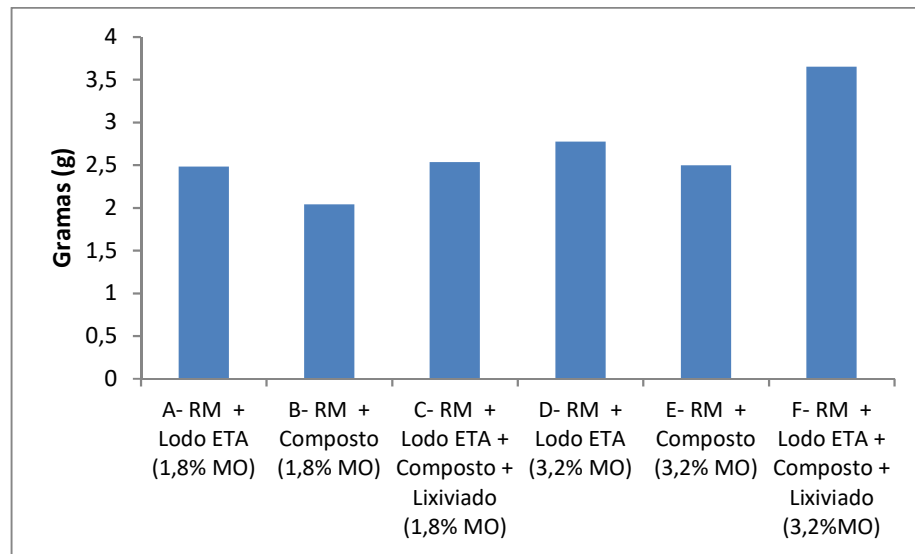
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1,218721	5	0,243744	0,624694	0,682118	2,533555
Dentro dos grupos	11,70544	30	0,390181			
Total	12,92416	35				

Fonte: AUTORA, 2021

Considerando as características do solo de cobertura da região, apresentadas no estudo desenvolvido por Artico (2018) e a média obtida da massa seca radicular, verifica-se que os tratamentos D, E e F apresentam as melhores condições para plantio.

A matéria seca é um indicativo para recuperação de áreas degradadas, a Figura 17 apresenta as médias, em gramas da massa seca radicular e foliar total para cada tipo de tratamento.

Figura17: Massa seca total



Fonte: AUTORA, 2021

O tratamento F foi o que apresentou maior média 3,6532 g de massa radicular e foliar enquanto o tratamento B produziu apenas 2,0413 g. O tratamento F foi o que apresentou melhores resultados também para massa radicular e foliar, tal fato deve-se a mistura apresentar nutrientes que proporcionam melhores condições para o plantio de aveia preta.

As médias obtidas do tecido vegetal ficaram abaixo do esperado, considerando que a análise do material ocorreu no período de 45 dias, inferior ao ciclo de desenvolvimento total da planta. O período de plantio também pode ter influenciado no crescimento das amostras, uma vez que o desenvolvimento da aveia preta é mais satisfatório em períodos com temperatura mais baixa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do rejeito de mineração, lodo de ETA, vermicomposto e lixiviado, para o teor de 3,2% de matéria orgânica apresentaram níveis adequados para plantio e desenvolvimento de aveia preta em substituição ao solo de cobertura para recuperação da área degradada pela atividade de mineração de basalto.

A partir da caracterização química dos materiais empregados na composição dos tratamentos verificou-se a possibilidade de utilização do lixiviado em conjunto com o rejeito de mineração. No entanto, devido às características inertes do RM o plantio de sementes de aveia combinado com o lixiviado para fins de irrigação não apresentou desenvolvimento satisfatório devido à baixa germinação das sementes de aveia e baixo crescimento vegetal.

O lodo de ETA gerado a partir da utilização de coagulante de Policloreto de Alumínio combinado com a utilização de coagulante vegetal à base de tanino apresenta valores aceitáveis para aplicação no solo e o plantio de gramíneas, tornando-se uma alternativa para a recuperação da área degradada e alternativa para disposição correta deste resíduo.

A partir da réplica parcial do experimento, constata-se que aplicação do lixiviado, apresenta resultados satisfatórios quando utilizado para irrigação em tratamento composto por materiais com maiores fontes de nutrientes, como a mistura do RM, lodo de ETA e vermicomposto.

Com base nos resultados obtidos, o método proposto no trabalho é adequado considerando o desenvolvimento vegetal apresentado pelos tratamentos propostos na concentração 3,2% MO quando utilizados em substituição ao solo de cobertura.

6.PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- Replicar os tratamentos utilizando cargas orgânicas mais elevadas;
- Aprofundar os estudos químicos e biológicos do material vegetal;
- Estudar o plantio de outras espécies de gramíneas;
- Ampliar a escala de estudo para campo;
- Analisar aplicação de lodo de ETA com uso de coagulantes exclusivamente à base de sais de alumínio combinado com Lodo de ETE;
- Ampliar o estudo sobre a aplicação do uso do lixiviado para cultivo de outras espécies de gramíneas.
- Realizar o estudo *in loco* em áreas degradadas pela mineração de basalto, durante o período mínimo de 24 meses, utilizando plantas perenes de rápido crescimento como indicadoras

REFERÊNCIAS

ACQUOLINI, G. T. **Caracterização de Lodo de Estações de Tratamento de Água de Porto Alegre**-Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo- Porto Alegre, 2017.

ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho**. *Revista Árvore*, v. 29, n. 1, p. 47-54, 2005.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120p.

ALTMANN, D. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo descarte de lodo da estação de tratamento de água de Novo Hamburgo**. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental). 2002. 76 f. Universidade Luterana do Brasil, ULBRA, Canoas, RS, 2002.

AQUINO, M. A. & NOGUEIRA, E. M. **Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 10 p. 2001

ARTEAGA, M; GARCÉS, N.; NOVO, R.; GURIDI, F.; PINO, J.A.; ACOSTA, M.; PASOS, M.; BESÚ, D. **Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo**. *Revista de Protección Vegetal, La Habana*, v. 22, n. 2, p. 110-117, 2007.

ARTICO, M. **Recuperação de áreas degradadas através do uso integrado de lodo de esgoto e rejeito de mineração de basalto como substituto ao solo de cobertura**-Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Porto Alegre, RS, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT – NBR 13030:1999. Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 10007:2004: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10004: 2004 : Classificação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

AWWA- American Water Works Association. **Land Application of Water Treatment Sludge's: Impact and Management**. USA: AWWARF, 1990.

BARBOSA, F.L.M.; GURMENDI, A.C. **Economia mineral do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 278 p., 2002.

BARRETO, V. B. G. **Estudo de caso: Utilização de polímero catiônico como auxiliar de coagulação no tratamento de água da Estação de Tratamento da Nova Marabá**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais, Marabá-PA, 2010.

BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., MUNIZ, A.S. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>. Acesso em: 01/05/ 2020.

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

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BITTENCOURT, S; SERRAT, B.M; AISSE, M.M; MARIN, L.M .K de S; SIMAO, C.C. **Aplicação de lodo de estações de tratamento de água e tratamento de esgoto em solo degradado**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v17, n 3, p.315-324, 2012.

BORBA, L.R. **Viabilidade do uso da moringa oleifera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa, 2001.

BRASIL. **Decreto- Lei nº 7841**, de 08 de agosto de 1945. Código de Águas Minerais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del7841.htm. Acesso em: 17/04/2020.

_____. **Decreto- Lei nº 227**, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas), Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227compilado.htm . Acesso em: 17/04/2020.

_____. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 17/04/2020.

_____. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União, 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 28/04/2020.

_____. **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>. Acesso em: 01/04/2020.

_____. **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. (CONAMA). Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, 22 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi>. Acesso em: 28/04/2020.

_____. **Lei nº 9.605/1998**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras

providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm> Acesso em: 17/04/2020.

_____. **Resolução nº357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 28/04/2020.

_____. **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. (CONAMA). Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 20/04/2020

_____. **Lei nº 11445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm Acesso em: 07/08/2020

_____. **Lei nº 12305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17/04/2020.

_____. **Resolução nº430**, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 28/04/2020.

_____. **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>. Acesso em :17/04/2020.

CARNEIRO, C. ANDREOLI, C.V. **Lodo de Estações de Tratamento de ÁGUA- Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas**. Curitiba: SANEPAR, 2013.

CARNEIRO, C.; WEBER, P. S.; ROSS, B. Z. L.; GERVASONI, R.; SIMON, P. L.; MORO, B. G.; MOTTA, A. C. V. **Caracterização do Lodo de ETA gerado no Estado do Paraná. Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas**. Curitiba: SANEPAR, 2013. p.131-178

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C.; SANTOS, H. G.; BREFIN, M. L. M. S; PÉREZ, D. V.. **Solos: Tipos, suas funções no ambiente, como se formam e suas relações com o crescimento das plantas**. 18 p. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2013.

COGOLLO, F.; JUAN, M. **Clarificación de águas usando coagulantes polimerizados-Caso del Hidroxicloruro de Aluminio.** Dyna2011,78 (165).Disponível em: www.redalyc.org/articulo.o.a?id=4962237002. Acesso em: 10/03/2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Ministério de Minas e Energia. 2016. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf. Acesso em: 12 /03/2020 de 2020.

COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo- **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Novo Hamburgo- 2017.

CRUZ, J.G.H. **Aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento de coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

CURI, A. **Minas a céu aberto: Planejamento de lavras.** 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014. 232 p.

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

DI BERNARDO, L; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2. ed. São Carlos, SP: RiMa, 2005. vol. 1.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. **Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas.** (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, p.955-990, 2007

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Anuário Mineral Estadual - Rio Grande do Sul.** Brasília, 2016.72p.

ECHER, R. **Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo.** Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

EMATER/RS **Solos: manejo integrado e ecológico - elementos básicos.** Porto Alegre: 2000. 95p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 171-222. 1999.

FAGERIA, N. K; STONE, L. F. **Qualidade do Solo e Meio Ambiente.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Santo Antônio de Goiás, 2006.

FERNANDES, F. R. C.; ARAUJO, E. R. **Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais,** In: Conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica. Rio de Janeiro: CETEM/CICP, 2016, p.65-88.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM): **Diretriz Técnica n.º 03/2018** de 22 de maio de 2018 – DIRTEC. Diretriz técnica para os critérios de exigência de

EIA/RIMA nos licenciamentos ambientais para atividade de tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção civil e resíduos sólidos de serviços de saúde. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DT-003-2018.PDF>. Acesso em: 01/05/2020

GERMANI, D. J. A. **Mineração no Brasil**. Relatório Final. Rio de Janeiro, 2002. – Instituto Ambiental do Paraná (IAP). 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.

GUERMANDI, J; **Avaliação dos Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos-SP**. Dissertação de Mestrado. Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio) **Instrução Normativa nº 11**. Estabelece 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

INGHAM, R. E. **The Compost Tea Brewing Manual**. US Printings, Soil Foodweb Incorporated, Oregon. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2008>> Acesso em: 22 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Gestão e Manejo de Rejeitos de Mineração**. Brasília, 2016

KAUTZMANN, R. M., TOSCAN, L., SABEDOT, S. **O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema**. REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 4, p.657-662, 2007.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3. ed. Piracicaba, 171p. 2002.

MACEDO, J. A. B. **Águas & águas**. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

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.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego, California: Academic Press, 1995.

MECHI, A; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo.** Estudos Avançados, 2010 24(68), 209-220. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10475> .Acesso em 06/06/2020.

MOREIRA, R.C.A.; GUIMARÃES, E.M.; BOAVENTURA, G.R.; MOMESSO, A.M.; LIMA, G.L. (2009) **Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada.** Química Nova, v. 32, n. 8, p. 2085-2093.

MOTTA, A.C.V; HOPPEN,C; ANDREOLLI,C.V.;TAMANINI,C. R.; FERNANDES,C.V.S; PEGORINI,E.S; SOCCOL,V.T. **Parecer técnico. Disposição final de lodos de estação de tratamento de água.** Curitiba, Universidade FEDERAL DO Paraná,43p,2005.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, 2001.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água.** Dissertação Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 78p, 2008.

PICARELLI, S.; KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L.; BUGIN, A. **Modelo de revegetação para recuperação e adequação de áreas degradadas pela lavra na Pedreira Santa Tecla - RS.** In anais do CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA À CÉU ABERTO, 2. Belo Horizonte, 2002.

REALI, M. A. P. **Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 240 p. 1999.

RIBEIRO, A. R. **Mecanização no preparo de solo em áreas degradadas por mineração na floresta nacional do Jamari (Rondônia – BR).** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Setor de Máquinas Agrícolas, Universidade Federal de Campinas, São Paulo, 172p. 2005.RICHTER, C. A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Ed. Edgard Blucher LTDA,2001.

RICHTER, C.A.; NETTO, J. M.A. **Tratamento de água-Tecnologia atualizada– 10ª edição,2013.** - Ed. Edgard Blucher LTDA,

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 9.077**, de 4 de junho de 1990. Institui a Fundação Estadual de Proteção Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2009.077.pdf>. Acesso em 15/05/2020.

SANTOS, J. A.G. **Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração.** Cruz das Almas, BA: UFRB, 44p, 2017.

SARTORI, H.J.F. **Análise do substrato e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos,1998.

SCHERER, B.L.O. **Projeto materiais de construção da região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: CPRM, 2016.

SCHIEDECK, G.; JAHNKE, D.S.; ZIBETTI, V.K. **Minhocultura como estratégia tecnológica para a agricultura familiar: a contribuição do Congresso Brasileiro de Agroecologia em: Propostas agroecológicas ao industrialismo**. Recursos compartilhados e respostas coletivas [p 697-1.353]. 2014.

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER J.E.; GONÇALVES, M. de M.; SCHIAVON, G.A., **Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças**. Comunicado Técnico, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 195).

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.

SPINELLO, V. A. **Quitosana: Polieletrólito natural para o tratamento de água potável**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2001.

TEIXEIRA, A.T.; MELO, W.J de; SILVA, E.T. **Aplicação de lodo de estação de tratamento de água em solo degradado**. 40p, 2005.

TSUTUYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001

VANACÔR, R.N. **Avaliação do coagulante orgânico Veta Organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos) - IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, 2005.

ZHANG, H.; TAN, S.N.; TEO, C.H.; YEW, Y.R.; GE, L.; CHEN, X.; YONG, J.W.H. **Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative ample preparation strategy of ultra sound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry** Talanta, v. 139, p. 189–197, 201

APÊNDICE A- DADOS CRESCIMENTO VEGETAL

Unidade Experimental	Bloco	Tratamento	Massa Foliar (g)	Massa radicular(g)	Massa total (g)
1	I	A	0,4320	0,3216	0,7536
2	I	B	0,3938	0,3815	0,7753
3	I	C	0,2713	0,2374	0,5087
4	I	D	0,3632	0,2713	0,6345
5	I	E	0,6925	0,4877	1,1802
6	I	F	0,8391	0,5316	1,3707
7	II	F	3,0212	1,0873	4,1085
8	II	E	3,1373	0,9984	4,1357
9	II	D	2,0723	1,1103	3,1826
10	II	C	2,2581	0,7346	2,9927
11	II	B	1,9730	0,6312	2,6042
12	II	A	0,5630	0,2988	0,8618
13	III	B	0,7941	0,7370	1,5311
14	III	C	1,7710	1,3294	3,1004
15	III	A	3,1068	0,8430	3,9498
16	III	E	2,1648	0,7564	2,9212
17	III	F	2,5365	1,3504	3,8869
18	III	D	2,0132	0,7642	2,7774
19	IV	C	1,5849	1,0013	2,5862
20	IV	A	3,2701	2,7918	6,0628
21	IV	E	1,9570	1,3724	3,3294
22	IV	F	1,3695	0,8873	2,2568
23	IV	D	1,6182	1,0642	2,6824
24	IV	B	2,1637	0,9978	3,1615
25	V	D	3,0124	2,4671	5,4795
26	V	F	4,7593	2,7507	7,51
27	V	B	1,9874	0,6434	2,6308
28	V	A	0,8746	0,7468	1,6214
29	V	C	2,5931	1,4395	4,0326
30	V	E	1,0263	0,6858	1,7121
31	VI	E	0,9749	0,7391	1,714
32	VI	D	1,0611	0,8353	1,8964
33	VI	F	1,8767	0,9101	2,7868
34	VI	B	0,9470	0,5979	1,5449
35	VI	A	0,8736	0,7632	1,6368
36	VI	C	1.0227	0,9734	1,9961

APÊNDICE B: ANÁLISE VEGETAL

Média massa foliar:

Tratamento	Massa (g)
A- RM + Lodo ETA (1,8% MO)	1,5202
B- RM + Composto (1,8% MO)	1,3765
C- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (1,8% MO)	1,5835
D- RM + Lodo ETA (3,2% MO)	1,6901
E- RM + Composto (3,2% MO)	1,6588
F- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (3,2%MO)	1,6072

Média massa radicular:

Tratamento	Massa (g)
A- RM + Lodo ETA (1,8% MO)	0,9609
B- RM + Composto (1,8% MO)	0,6648
C- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (1,8% MO)	0,9526
D- RM + Lodo ETA (3,2% MO)	1,0854
E- RM + Composto (3,2% MO)	0,8400
F- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (3,2%MO)	1,2529

Média massa total:

Tratamento	Massa (g)
A- RM + Lodo ETA (1,8% MO)	2,4810
B- RM + Composto (1,8% MO)	2,0413
C- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (1,8% MO)	2,5361
D- RM + Lodo ETA (3,2% MO)	2,7755
E- RM + Composto (3,2% MO)	2,4988
F- RM + Lodo ETA + Composto + Lixiviado (3,2%MO)	3,6533

ANEXO A- ANÁLISE QUÍMICA DO LODO DE ETA



FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: PROFA. REJANE TUBINO

MUN.: NOVO HAMBURGO

Data de entrada: 12/04/19

EST.: RS

Data de expedição: 13/05/19

Nº DE REG.: R-098/2019

MATERIAL: LODO DA ETA

Determinações	Amostra 01	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	92	gravimetria / -
pH	6,9	relação amostra/água 1:5/potenciometria
Densidade - kg/m ³	1063	-
Carbono orgânico - % (m/m)	7,3	combustão úmida/Walkley Black / 0,01%
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	0,71	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,23	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Potássio total - % (m/m)	0,93	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cálcio total - % (m/m)	0,14	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Magnésio total - % (m/m)	0,22	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Enxofre total - % (m/m)	0,24	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	71	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,8 mg/kg
Zinco total - mg/kg	143	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Ferro total - % (m/m)	4,3	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Manganês total - % (m/m)	0,11	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,46	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg
Cromo total - mg/kg	28	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,4 mg/kg
Cromo hexavalente - mg/kg	< 1	digestão básica/ EAM, difenilpicazida/ 1 mg/kg
Cromo trivalente - mg/kg	28	cálculo
Níquel total - mg/kg	42	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,4 mg/kg
Chumbo total - mg/kg	< 2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Alumínio total - % (m/m)	7,8	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 20 mg/kg
Arsênio total - mg/kg	< 2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Selênio total - mg/kg	< 4	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Bário total - mg/kg	348	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 1 mg/kg
Molibdênio total - mg/kg	< 0,2	digestão seca/ ICP-OES / 0,2 mg/kg
Boro total - mg/kg	7	digestão seca/ ICP-OES / 1 mg/kg
Mercurio - mg/kg	0,12	digestão úmida EPA 7471 A/vapor frio / 0,01 mg/kg
Poder de neutralização - % (m/m)	< 1	volumetria de neutralização / 1 %

Obs.: Resultados expressos na amostra seca a 65°C, com exceção do pH e densidade.

Obs.: Média de 2 determinações.


Eng. Agr. Clesio Gianello
CREA RS011476
Responsável pelo Laboratório de Análises

ANEXO B- ANÁLISE QUÍMICA DO VERMICOMPOSTO



FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SOLOS
LABORATÓRIO DE ANÁLISES

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: PROF^o REJANE TUBINO

MUN.: NOVO HAMBURGO

EST.: RS

LOC.: -

Data de entrada: 18/04/19

Data de expedição: 13/05/19

Nº DE REG.: R-105/2019

MATERIAL: COMPOSTO ORGÂNICO

Determinações	Amostra 01	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	82	gravimetria / -
pH	8,3	relação amostra água 1:5/potenciometria
Densidade - kg/m ³	940	-
Carbono orgânico - % (m/m)	28	combustão úmida/Walkey Black / 0,01%
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,6	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,88	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Potássio total - % (m/m)	3,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cálcio total - % (m/m)	4,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Magnésio total - % (m/m)	0,76	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Enxofre total - % (m/m)	0,39	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	52	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,8 mg/kg
Zinco total - mg/kg	152	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Ferro total - % (m/m)	0,67	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Manganês total - mg/kg	948	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,43	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg
Cromo total - mg/kg	22	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,4 mg/kg
Cromo hexavalente - mg/kg	< 1	digestão básica/ EAM, dietilcarbazida/ 1 mg/kg
Cromo trivalente - mg/kg	22	cálculo
Níquel total - mg/kg	9	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,4 mg/kg
Chumbo total - mg/kg	5	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Alumínio total - % (m/m)	0,60	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 20 mg/kg
Arsênio total - mg/kg	< 2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Selênio total - mg/kg	< 4	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Bário total - mg/kg	699	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 1 mg/kg
Molibdênio total - mg/kg	0,7	digestão seca/ ICP-OES / 0,2 mg/kg
Boro total - mg/kg	68	digestão seca/ ICP-OES / 1 mg/kg
Mercurio - mg/kg	0,04	digestão úmida EPA 7471 A/vapor frio / 0,01 mg/kg
Poder de neutralização - % (m/m)	11	volumetria de neutralização / 1 %

Obs.: Resultados expressos na amostra seca a 65°C, com exceção do pH e densidade.

Obs.: Média de 2 determinações.


Eng. Agr. Clesio Gianello
CREA RS011476

Responsável pelo Laboratório de Análises

ANEXO C- ANÁLISE QUÍMICA DO LIXIVIADO



FACULDADE DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SOLOS

LABORATÓRIO DE ANÁLISES

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: PROFA. REJANE TUBINO

MUN.: NOVO HAMBURGO

Data de entrada: 07/02/19

EST.: RS

Data de expedição: 25/02/19


Nº DE REG.: R-025/2019

MATERIAL: CHORUME

Determinações	Amostra 01	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	99	gravimetria / -
pH	7,7	potenciometria
Densidade - kg/m ³	983	-
Carbono orgânico - g/L	2,3	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - mg/L	261	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	74	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - g/L	3,5	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	215	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	178	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	68	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	0,22	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	1,1	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	15	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	7,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	261	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Cromo total - mg/L	0,19	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Cromo hexavalente - mg/L	< 0,01	digestão básica/ EAM, difenilcarbazida/ 0,01 mg/L
Cromo trivalente - mg/L	0,19	cálculo
Níquel total - mg/L	0,23	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Chumbo total - mg/L	0,60	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Arsênio total - mg/L	< 0,02	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,02 mg/L
Selênio total - mg/L	< 0,04	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,04 mg/L
Bário total - mg/L	0,50	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 mg/L
Molibdênio total - mg/L	0,14	digestão seca/ ICP-OES / 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	1	digestão seca/ ICP-OES / 0,1 mg/L
Mercúrio - µg/L	< 0,2	digestão úmida EPA 7471 A/vapor frio / 0,2 µg/L
Poder de neutralização - % (m/m)	1	volumetria de neutralização / 1 %

Obs.: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.: Média de 2 determinações.



Eng. Agr. Clesio Gianello
CREA RS011476

Responsável pelo Laboratório de Análises