

PRODUÇÃO TÉCNICA ITV DS

REVEGETAÇÃO DE TALUDES DE CORTE: INFLUÊNCIA DE BIOMANTA, SEMEIO MANUAL E HIDROSSEMEADURA

Relatório Final

Projeto Mudança de uso da terra e revegetação no contexto da mineração.

Arianne Flexa de Castro

Markus Gastauer

Cecilio Frois Caldeira

Silvio Ramos

Renan Coelho

Belém / PA
Dezembro / 2020

Título: Revegetação de taludes de corte: influência de biomanta, semeio manual e hidrossemeadura.	
PROD.TEC.ITV.DS – N035/2020	Revisão
Classificação: () Confidencial () Restrito () Uso Interno (x) Público	00

AUTORIA

Instituto Tecnológico Vale (ITV)

Arianne Flexa de Castro; Markus Gastauer; Cecilio Frois Caldeira; Silvio Ramos

VALE

Renan Coelho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

<p>C355 Castro, Arianne Flexa de</p> <p style="padding-left: 40px;">Revegetação de taludes de corte: influência de biomanta, semeio natural e hidrossemeadura. / Arianne Flexa de Castro, Markus Gastauer, Cecilio Frois Caldeira, Silvio Ramos, Renan Coelho – Belém: ITV, 2020. 14 p.: il.</p> <p style="padding-left: 40px;">Relatório Técnico (final) - Projeto Mudança de uso da terra e revegetação no contexto da mineração. PROD.TE.C ITV.DS – N035/2020 DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2020.35.Castro</p> <p style="padding-left: 40px;">1. Métodos e técnicas - Revegetação. 2. Hidrossemeadura - Métodos e técnicas. 3. Recuperação de áreas degradadas. I. Gastauer, Markus. II. Caldeira, Cecilio Frois. III. Ramos, Silvio. IV. Coelho, Renan. V. Título</p> <p style="text-align: right; padding-right: 40px;">CDD. 23. ed. 631.64098115</p>

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves. CRB 2 - 525.

RESUMO EXECUTIVO

O processo de revegetação em áreas de taludes de corte apresenta desafios no estabelecimento da vegetação, principalmente nas camadas superiores e medianas. Além disso, apresentam elevados riscos de erosão e desmoronamento, sendo potencializado pela falta de vegetação. Assim, é de suma importância a busca de alternativas que aumentem a eficácia do processo de revegetação, a segurança do talude e de funcionários. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi comparar diferentes métodos de revegetação de taludes de corte, incluindo plantio manual, hidrossemeadura e a utilização de biomanta, em áreas de mineração localizadas em Carajás-PA. Para isso, cinco tratamentos foram definidos: semeadura manual, semeadura manual com biomanta, hidrossemeadura, hidrossemeadura com biomanta e controle. Cada tratamento recebeu adubação e um mix de sementes, aplicados ao longo de todo o talude. Em cada tratamento, nove parcelas foram instaladas em diferentes alturas (porção superior, intermedia e inferior). Em cada parcela, a riqueza de espécies vegetais e o valor de cobertura do solo foram mensurados. Adicionalmente, em cada parcela da porção inferior do talude foi instalado um pino (vergalhão de ferro) para medir o carreamento de solo. A hidrossemeadura apresentou o maior valor de cobertura do solo e riqueza entre os tratamentos e divergiu na base do talude em relação a semeadura manual e em todas as posições da área controle. A área controle não divergiu do tratamento com a semeadura manual. Em relação a biomanta, a utilização da técnica não afetou o valor de cobertura de solo e a riqueza de espécies com a hidrossemeadura e semeio manual. O carreamento do solo não apresentou diferenças entre os tratamentos. Assim, a utilização da hidrossemeadura e a dispensabilidade da biomanta reduzem o risco de exposição de trabalhadores e o custo, além de aumentar a eficiência, praticidade e rapidez no processo de revegetação.

RESUMO

O manejo de taludes de corte em áreas mineradas possui como objetivo aumentar a estabilização contra erosão devido às condições físico-químicas do solo como inclinação, compactação, baixa disponibilidade de nutrientes e diminuição da matéria orgânica. Diferentes técnicas de manejo têm sido propostas a fim de aumentar a eficiência do processo com o intuito de aumentar a estabilidade dos taludes contra processos de desmoronamento. Entretanto, estabelecer quais métodos são mais eficientes no aumento do estabelecimento de espécies e na diminuição dos riscos de operação ainda precisam ser definidos. O objetivo do trabalho foi comparar diferentes métodos de revegetação de taludes de corte, incluindo plantio manual e hidrossemeadura, e a utilização de biomanta em áreas de mineração localizadas em Carajás-PA. Para isso, cinco tratamentos foram definidos: semeadura manual, semeadura manual com biomanta, hidrossemeadura, hidrossemeadura com biomanta e controle (sem manejo). Cada tratamento recebeu a mesma adubação e mix de sementes que foram aplicados ao longo de toda extensão do talude. Além disso, nove parcelas permanentes foram instaladas em diferentes alturas (base do talude, na altura média e na porção superior) para avaliação da riqueza de espécies vegetais e o valor de cobertura do solo. Adicionalmente, o carreamento do solo foi mensurado a partir da instalação de pinos na base do talude. Foi observado que a utilização da técnica de hidrossemeadura foi a melhor técnica para aumentar a cobertura do solo e riqueza de espécies do que o semeio manual e área controle, principalmente na base do talude. O valor de cobertura no semeio manual não divergiu da área controle em nenhuma das posições avaliadas, enquanto a riqueza de espécies foi diferente a partir de oito meses. Em relação à biomanta, não foi observado influência positiva na cobertura do solo e na riqueza de espécies entre tratamentos de hidrossemeadura e semeio manual. O carreamento do solo não apresentou diferença entre os tratamentos. Assim, a hidrossemeadura se mostrou a técnica mais eficiente para aumentar o estabelecimento de espécies em taludes de corte sem a necessidade da biomanta durante o processo, o que reduz o risco de operação e aumenta a eficiência da revegetação em taludes de corte.

Palavras Chave: Técnicas de revegetação. Recuperação de áreas degradadas. Biomanta - Hidrossemeadura. Cobertura vegetal. Carreamento do solo.

ABSTRACT

Pit slopes management aims to enhance stabilization against soil erosion due to physical-chemical conditions such as soil inclination and compaction, low nutrients availability and deplete in organic matter. Several techniques have been proposed to enhance pit slopes revegetation efficiency in order to increase their stabilization against landslide. However, establish efficient management to enhance vegetation cover and reduce operation risks still needs to be defined. The aim of this work is to compare different pit slope revegetation management, included hydroseeding and manual seeding, and biotextiles in mine degraded sites located in Carajás-PA. For this purpose, five treatments were defined: manual seeding, manual seeding/biotextiles, hydroseeding, hydroseeding/biotextiles and control (no management). Site treatments were fertilized and received a seed mix. Furthermore, nine permanent monitoring plots were installed at different heights (at the basis of the slope, at mean height and in the upper third of the slope) to evaluate species richness and vegetation cover. Additionally, a pin (iron rebar) was installed in each plot to measure soil losses. It was observed that hydroseeding was the best management to increase vegetation cover and species richness than manual seeding and control area, especially at the basis of the slope. Vegetation cover from manual seeding was similar to control area at all heights in all evaluations, while species richness was different after eight months. In relation to biotextiles, it was not observed a positive influence on vegetation cover and species richness to hydroseeding and manual seeding. Soil loss did not showed differences among treatments. Therefore, hydroseeding was the most efficiency management to increase vegetation establishment on pit slopes dismissing the biotextile, which reduces operational risks and enhances the revegetation efficiency on pit slopes.

Keywords: Revegetation techniques. Recovery of degraded areas. Biomanta - Hydro-seeding. Vegetal cover. Carrying the soil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Área de estudo em abril/2019. A- Talude com os cinco tratamentos; B- Controle; C- Semeadura manual; D- Semeadura manual com biomanta; E- Hidrossemeadura com biomanta e F- Hidrossemeadura. 09
- Tabela 1** - Fertilizantes utilizados para adubação do solo e concentrações aplicadas nos tratamentos. 130
- Tabela 2** - Espécies e concentrações utilizadas no mix de semetes para revegetação do talude 130
- Figura 2** - Valor de cobertura nos diferentes tratamentos e posições do talude (UP- Superior, M- Mediana, L-Inferior). Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0.05$). Período de amostragem A-abril/2018; B- agosto/2018; C- dezembro/2018; D- abril/2019 11
- Figura 3** - Riqueza de espécies nos tratamentos e posições do talude (UP- superior; M- mediana; L- inferior). Letras indicam diferenças entre os tratamentos ($p < 0.05$). Amostragens realizadas A- abril/2018 B- agosto/2018; C- dezembro/2018 e D- abril/2019 12
- Figura 4** - Diferença do comprimento dos pinos instalados na base do talude medidos em abril/2018 e abril/2019 12

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	MATERIAIS E MÉTODOS	09
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	13
5	BENEFÍCIOS POTENCIAIS	13
	REFERÊNCIAS	14

1 INTRODUÇÃO

Áreas após distúrbios causados pela mineração apresentam grandes desafios no restabelecimento da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos prestados anteriormente pelo ambiente (CROSS, LAMBERS, 2017; RANJAN *et al.*, 2015). A recuperação ambiental apresenta o tempo como principal fator que molda o avanço do processo, entretanto, ações ativas podem ajudar no avanço dessas áreas (SHRESTHA; LAL, 2010). A preparação do solo e a revegetação são etapas primordiais para o processo inicial de recuperação (SKOUSEN, ZIPPER, 2010; TORDOFF *et al.*, 2000; ZHANG *et al.*, 2015). Nesse sentido, a seleção de espécies, os métodos de propagação e de sementeira em áreas de mineração ainda são desafios a serem superados (GASTAUER *et al.*, 2018; GIANNINI *et al.*, 2016; NUSSBAUMER *et al.*, 2016). Diversas técnicas de plantio são conhecidas e amplamente utilizadas no processo de revegetação. Entretanto, em áreas de mineração de forte inclinação como taludes de cortes, os desafios de fixação e estabelecimento são potencializados (COUTO *et al.*, 2010). Assim, o estabelecimento de técnicas que facilitem e aprimorem o processo de revegetação melhoram a eficiência, segurança e o sucesso da recuperação.

A hidrossemeadura é uma técnica amplamente empregada, principalmente em áreas extensas e íngremes como taludes de corte em áreas mineradas (COUTO *et al.*, 2010). Essa técnica permite maior controle e uniformidade no processo de sementeira. Além disso, permite maior rapidez durante o plantio e diminui a exposição de trabalhadores aos riscos do talude (SKOUSEN; ZIPPER, 2010). Em contrapartida, o plantio por sementeira manual é uma técnica mais demorada, trabalhosa e de maior exposição do trabalhador (MACEDO, 2003). Em taludes íngremes, a técnica pode apresentar vantagens pelo maior cuidado na deposição de sementes, sendo uma alternativa à impossibilidade do plantio mecanizado.

A utilização da biomanta em conjunto às técnicas de plantio tem se tornado frequente, principalmente para proteção do solo, sementes e plântulas. Além disso, auxilia na criação de condições propícias à germinação, diminuindo a perda do solo por carreamento (COUTO *et al.*, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2014). Assim, a presença da biomanta em taludes de corte pode auxiliar no sucesso da revegetação e controle de erosão (MARIANI, 2016). Entretanto, aumenta o risco e a exposição de trabalhadores atuantes na área, além de aumentar o custo do processo.

O carreamento do solo é um problema dentro das áreas de mineração, principalmente pela formação de taludes de corte e em pilhas de estéril. Isso ocorre por conta da forte inclinação e pela ausência de vegetação que protegem o solo da erosão (HAMANAKA *et al.*

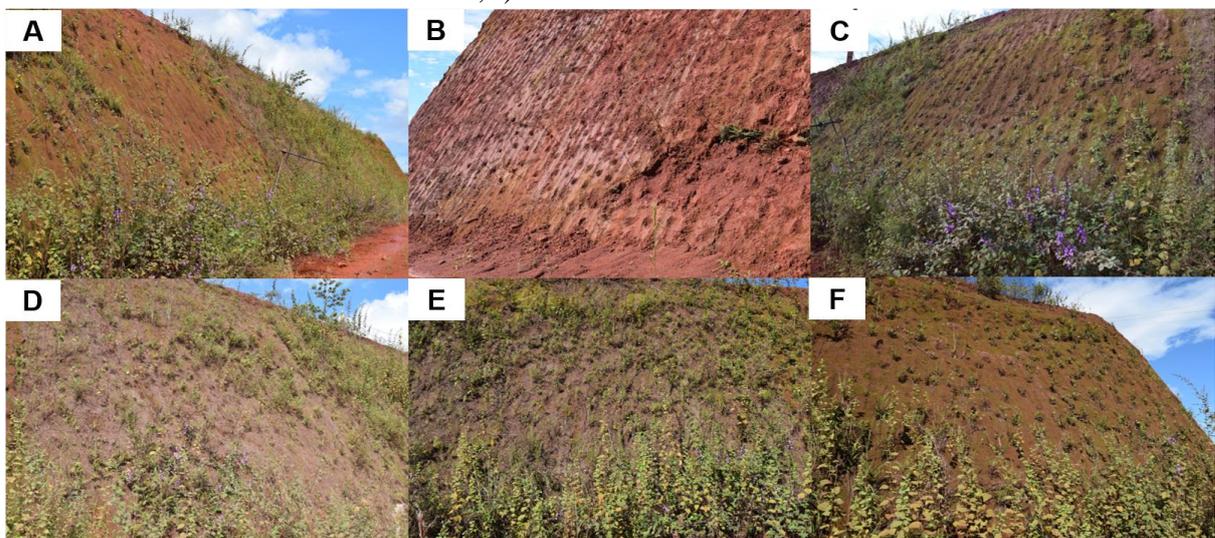
2019). Assim, a revegetação das áreas auxilia na proteção do solo contra carreamento (MADI *et al.*, 2013). Entretanto, a revegetação se torna dificultosa por conta do escoamento de nutrientes e sementes (HAMANAKA *et al.*, 2019), sendo necessário a busca por técnicas eficazes para proteção do solo

Dessa forma, a investigação do desempenho dos diferentes métodos de semeio em taludes de corte são de suma importância para a escolha mais responsável das técnicas empregadas. Assim, o estudo teve como objetivo comparar os efeitos das técnicas de plantio e a utilização de biomanta na riqueza, valor de cobertura e no controle do carreamento do solo no processo de revegetação de taludes de corte em área de mineração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um talude de corte na Mina N4WS, Serra Norte, localizado em Carajás-Parauapebas/PA, em dezembro/2017. Para avaliar a influência do tipo de semeadura no valor de cobertura e na riqueza de espécies, foram separados tratamentos que receberam semeadura manual (SM), semeadura manual com biomanta (SMB), hidrossemeadura (H) e hidrossemeadura com biomanta (HB). Além disso, uma área sem aplicação de técnicas de semeadura foi utilizada como controle (CTRL) (Figura 1) Todos os tratamentos receberam adubação padrão para atividade de RAD na Vale (Tabela 1). Além disso, foram semeadas as espécies conforme a descrição na Tabela 2.

Figura 1 - Área de estudo em abril/2019: a) Talude com os cinco tratamentos; b) Controle; c) Semeadura manual; d) Semeadura manual com biomanta; e) Hidrossemeadura com biomanta; f) Hidrossemeadura.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

Tabela 1 - Fertilizantes utilizados para adubação do solo e concentrações aplicadas nos tratamentos.

Fertilizantes	Kg/ha
NPK (04-14-08	684
Uréia	200
FTE BR-12	50
Calcário Dolomítico	1500
Adubo Orgânico	2280

Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

Tabela 2 - Espécies e concentrações utilizadas no mix de semetes para revegetação do talude.

Espécie	g/ha
<i>Crotalaria maypurensis</i>	2260
<i>Solanum crinitum</i>	2200
<i>Mimosa camporum</i>	150
<i>Urena sinuata</i>	1460
<i>Sida rubifolia</i>	6600
<i>Mimosa acutistipula</i>	2680
<i>Dioclea apurensis</i>	1230
<i>Byrsonima spicata</i>	610
<i>Spermacoce verticillata</i>	440
<i>Lepidoploa arenaeria</i>	7780
<i>Avena strigosa</i>	34000
<i>Calopogônio</i>	34000
<i>Crotalaria spectabilis</i>	80000
<i>Stylosanthes macrocephala</i>	23000
<i>Canavalia ensiformis</i>	45000
<i>Cajanus cajan</i>	34000
<i>Helianthus annuus</i>	17000
<i>Pennisetum glaucum</i>	23000
<i>Raphanus sativus</i>	45000

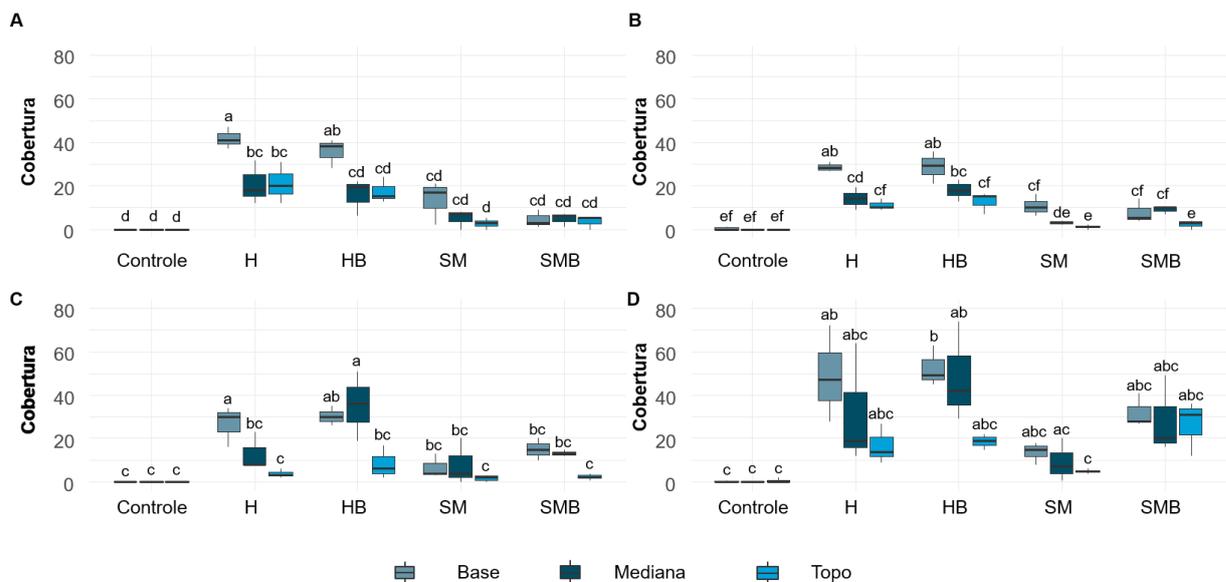
Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora semeadas, as espécies *Crotalaria maypurensis*, *Urena sinuata*, *Byrsonima spicata*, *Calopogônio* e *Canavalia ensiformis* não tiveram ocorrência em nenhum dos tratamentos. A ausência dessas espécies pode estar associada a baixa tolerância ou baixo poder de competição nas áreas de elevada inclinação. Além disso, a viabilidade das sementes dessas espécies pode ter resultado na baixa taxa de germinação, sendo uma dificuldade no processo (NURTJAHYA; FRANKLIN, 2019).

As áreas medianas e próximas ao topo do talude apresentaram em todos os tratamentos os menores valores de cobertura do que as bases do talude. Tal resultado reflete a dificuldade na revegetação de taludes por conta da menor fixação de sementes em áreas altas (HUANG *et al.*, 2012). As áreas hidrossemeadas apresentaram maior riqueza de espécies e maior valor de cobertura do solo do que o plantio com semeadura manual, que não divergiu estatisticamente da área de controle (Figura 2A-2D e 3A-3D). Assim, a utilização da hidrossemeadura mostrou maior eficiência em comparação a semeadura manual no processo de revegetação em áreas com forte inclinação como taludes de corte (MACEDO *et al.*, 2003).

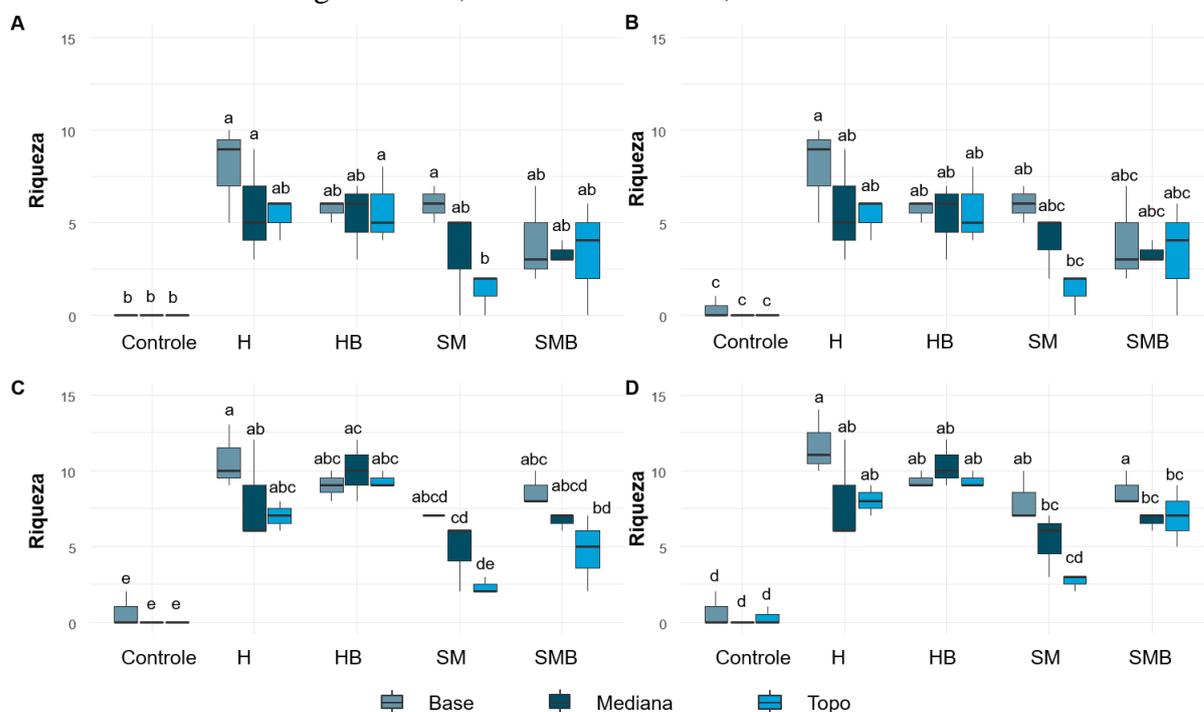
Figura 2 - Valor de cobertura nos diferentes tratamentos (H- Hidrossemeadura; HB – Hidrossemeadura e Biomanta; SM- Semeio manual e SMB – Semeio manual e Biomanta) e posições do talude (Topo, Mediana e Base). Diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0.05$). Período de amostragem: a) abril/2018; b) agosto/2018; c) dezembro/2018 e; d) abril/2019



Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

Além disso, a utilização da biomanta, empregada para maior fixação, não resultou em melhoria significativa no estabelecimento vegetal nessas áreas (Figura 2A-2D e 3A-3D). Apenas uma amostragem, realizada na parte mediana do talude em dezembro/2018, apresentou maior valor de cobertura pelo tratamento hidrossemeado com biomanta (Figura 2C). Entretanto, esse resultado foi alcançado pelo tratamento com biomanta ausente na avaliação seguinte (abril/2019), equiparando os tratamentos (Figura 2D).

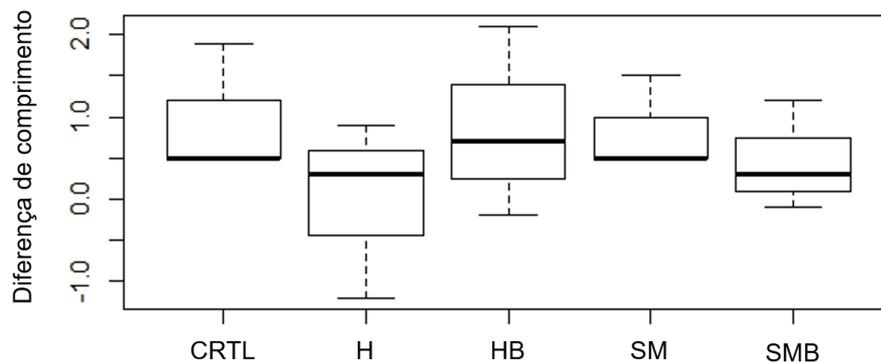
Figura 3 - Riqueza de espécies no talude sob os tratamentos: Controle – Sem utilização de biomanta e sementeira, H – Aplicação de hidrossemeadura, HB – Aplicação de hidrossemeadura e biomanta, SM – Semeio manual de sementes, SMB – Semeio manual de sementes e aplicação de biomanta; em diferentes alturas do talude: Topo - posição superior, Mediana – posição mediana, Base - posição inferior. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos. Amostragens realizadas em: A- Abril/2018; B- Agosto/2018; C- Dezembro/2018; D- Abril/2019



Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

Em relação a perda de solos, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas quanto as diferenças no comprimento do pino (Figura 4). Dessa forma, a utilização da biomanta e dos métodos de sementeira mostraram-se sem efeitos significativos na proteção contra o carreamento. Isto pode estar relacionado à intensa inclinação do talude de corte em combinação com a baixa cobertura da vegetação instalada (RANJAN *et al.*, 2015).

Figura 4 - Diferença do comprimento dos pinos instalados na base do talude medidos em abril/2018 e abril/2019.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2019).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados promissores indicam que a utilização da hidrossemeadura como método de plantio nas áreas de grande inclinação de talude de corte é favorável. Além disso, a utilização da biomanta não resultou em melhor fixação de espécimes nas camadas superiores do talude.

Dos tratamentos analisados, a hidrossemeadura apresentou maior sucesso no processo de revegetação, garantindo a maior cobertura de vegetação nos taludes. Assim, o desempenho alcançado pelas técnicas pode ter levado a presença da biomanta à um plano secundário, sem efeito no processo. Dessa forma a utilização da técnica de hidrossemeadura aumenta a segurança dos trabalhadores e a praticidade do plantio comparada ao semeio manual. Somado a isso, a não utilização da biomanta reduziria os riscos do trabalho manual, sem afetar a eficiência do processo.

Em relação a ausência de espécies, mais estudos são necessários em relação a viabilidade das sementes a fim de melhorar o desempenho dessas espécies no processo de recuperação. Para mais, a substituição também pode ser avaliada a fim de aumentar o sucesso no desenvolvimento das espécies.

6 BENEFÍCIOS POTENCIAIS

Os resultados práticos obtidos no estudo ajudam no processo da recuperação de taludes de cortes e pilhas íngremes que ocorrem na paisagem da área de mineração. Nesse sentido, os dados apresentados ajudam no processo de escolha de espécies e métodos de plantio aplicados no processo de revegetação.

REFERÊNCIAS

- COUTO, L. *et al.* **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil.** Viçosa, MG: CBCN, 2010. 118 p. (Boletim Técnico CBCN). Disponível em: http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf. Acesso em: 14 fev, 2020.
- CROSS, A. T.; LAMBERS, H. Young calcareous soil chronosequences as a model for ecological restoration on alkaline mine tailings. **Science of the Total Environment**, v. 607-608, p. 168-175, 2017.
- GASTAUER, M. *et al.* Mine land rehabilitation: Modern ecological approaches for more sustainable mining. **Journal of Cleaner Production**. v. 172, p. 1409-1422, 2018.
- GIANNINI, T. C. *et al.* Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using a multiple-trait approach. **Austral Ecol.** v. 42, p. 510-521, 2016.
- HAMANAKA, A.; SASAOKA, T.; SHIMADA, H.; MATSUMOTO, S. Experimental study on soil erosion under different soil composition using rainfall simulator. **Plant, Soil and Environment**. v. 65, p. 181-188, 2019.
- HUANG, L.; BAUMGARTL, T.; MULLIGAN, D. Is rhizosphere remediation sufficient for sustainable revegetation of mine tailings? **Annals of Botany**, v. 110, p. 223-238, 2012.
- MACEDO, R. L. G. *et al.* Hidrossemeadura para a recuperação de áreas tropicais degradadas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 1, n. 1, fev. 2003.
- MADI, H.; MOUZAI, L.; BOUHADEF, M. Plants cover effects on overland flow and on soil erosion under simulated rainfall intensity, **Int. J. Environ. Earth. Sci. Eng.** v. 7 p. 31-35, 2013.
- MARIANI, P. P. **Produção e aplicação de biomantas para controle de erosão em taludes.** 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- MEDEIROS, K. P. M. *et al.* Estudo de caso e alternativas para falha na revegetação de taludes por hidrossemeadura na Mina do Andrade (MG). **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 5., Belo Horizonte, 2014. **Anais...** Belo Horizonte, MG: IBEAS, 2014. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/VI-089.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- NURTJAHYA, E.; FRANKLIN, J. A. Some physiological characteristics to estimate species potential as a mine reclamation ground cover. **International Journal of Mining, Reclamation and Environment.**, v. 33, n. 2, p. 75-86, 2019.
- NUSSBAUMER, Y. *et al.* Identifying and ameliorating nutrient limitations to reconstructing a forest ecosystem on mined land. **Restor. Ecol.**, v. 24, p. 202-211, 2016.
- RANJAN, V.; SEN, P.; KUMAR, D.; SARSAWAT, A. A review on dump slope stabilization by revegetation with reference to indigenous plant. **Ecol. Process.**, v. 4, 2015.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/.2018>. Acesso em: 23 jun. 2020.

SKOUSEN, J.; ZIPPER, C. E. Powell River Project - Revegetation species and practices. Virginia Cooperative Extension (VCE) Publications, p. 460-122, 2018.

SHRESTHA, R. K.; LAL, R. Carbon and nitrogen pools in reclaimed land underforest and pasture ecosystems in Ohio, USA. **Geoderma**, v. 157, p. 196–205, 2010.

TORDOFF, G. M.; BAKER, A. J. M.; WILLIS, A. J. Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. **Chemosphere**, v. 41, p. 219-228, 2000.

ZHANG, L. *et al.* Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. **Catena**, v. 128, p. 44-53, 2015.