

II-517 – CRESCIMENTO DE VETIVER (*Chrysopogon zizanioides*) EM REJEITOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO NO MUNICÍPIO DE MARIANA - MG

Nathália Corrêa das Dores ⁽¹⁾

Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET- MG)

Valéria Cristina Palmeira Zago ⁽²⁾

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Docente do Centro Federal de Educação Tecnológicas de Minas Gerais

Endereço ⁽¹⁾: Rua Agostinho Azzi, 51 ap 403 bloco 6 – Silveira, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP: 31.140-410 – Telefone: +55 (31) 99993-7469 – email: nathaliacd7@gmail.com

Endereço ⁽²⁾: Av. Amazonas, 5.253, Nova Suíça, Belo Horizonte, MG, Brasil. CEP: 30.421-169 - Telefone: +55 (31) 3319-7109 – email: valzagomg@gmail.com

RESUMO

O rompimento da barragem de Fundão, em 5 de novembro de 2015, gerou uma enxurrada de lama e rejeitos de minério de ferro, levando à destruição do subdistrito de Bento Rodrigues em Mariana-MG, causando danos humanos irrecuperáveis, assim como ambientais e socioeconômicos de extrema gravidade. A deposição de milhões de toneladas do rejeito de minério de ferro sobre a superfície da região soterrou a vegetação e o solo, reduzindo significativamente a possibilidade da regeneração natural. Dentre as técnicas de recuperação de áreas degradadas, a fitorremediação é a mais sustentável e a que apresenta os menores custos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação orgânica e da inoculação com micorrizas, no crescimento vegetativo de mudas de Vetiver. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses crescentes de composto orgânico (0; 0,5; 1 e 2 kg), com ou sem inoculação de micorrizas, com quatro repetições. As mudas crescendo apenas sobre os rejeitos (0 kg de composto), apresentaram os menores resultados para o crescimento vegetativo em relação aos três parâmetros analisados (diâmetro, número e altura dos perfilhos), evidenciando a baixa fertilidade dos rejeitos. O composto orgânico utilizado, por sua vez, contribuiu para o crescimento das mudas de Vetiver, principalmente nas maiores doses (1 e 2kg de composto). A utilização de micorrizas não influenciou o crescimento vegetativo das plantas. No entanto, mais estudos precisam ser realizados para investigar o efeito dos rejeitos sobre as micorrizas inoculadas. O uso de plantas menos exigentes em fertilidade, associada ao uso de fertilizantes de baixo custo, como o composto de resíduos orgânicos urbanos ou rurais, pode dar uma contribuição significativa na retomada gradativa do potencial de recuperação das áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão.

PALAVRAS-CHAVE: Vetiver, Composto orgânico, Rejeito de minério de ferro.

INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem de rejeitos de minério de ferro da mineradora Samarco, no dia 5 de novembro de 2015, despejou 34 milhões de m³ de lama. A enxurrada de rejeitos se espalhou pela região rapidamente causando a destruição de Bento Rodrigues, subdistrito de Mariana-MG, resultando em mortes, devastação de nascentes e florestas, assim como a contaminação do solo e das águas ao longo da bacia do Rio Doce. O acidente é considerado a maior catástrofe ambiental do País, e provocou grandes prejuízos não só na esfera ambiental, mas também social e econômica. (BRASIL,2015)

De acordo com o Laudo Técnico Preliminar do IBAMA (2015) a contaminação gerada pelo rejeito de minério de ferro pode afetar o solo a longo prazo, por ser um material com característica inerte e não apresentar matéria orgânica, tais aspectos contribuem para a desestruturação e alteração do pH do solo. Consequentemente, impossibilitam a recuperação e desenvolvimento das espécies nativas, contribuindo também para a modificação da vegetação local e progressão de ecossistemas diferentes dos originais.

Dentre as técnicas mais comuns para recuperar os impactos negativos das áreas de depósitos de rejeitos de mineração é criar artificialmente uma nova camada superficial do solo. No entanto, os custos são bastante

elevados, pois envolve o empréstimo de solo e de banco de sementes de outras áreas (GIL-LOAIZA et al., 2016). Comparada a essas estratégias de remediação, a fitorremediação apresenta baixo custo e é ambientalmente sustentável. De maneira geral, a seleção de plantas é um aspecto fundamental na manutenção a longo prazo de projetos de fitorremediação (KUMAR; MAITI, 2015).

Em geral, a fitorremediação utilizada em áreas degradadas por mineração, está associada a recuperação da resiliência do solo, pois a baixa fertilidade e a reduzida quantidade de matéria orgânica, dificulta a recolonização da microbiota do solo e, conseqüentemente a sua revegetação (GIL-LOAIZA et al., 2016; MINGORANCE; FRANCO & ROSSINI-OLIVA, 2016). Pode ser utilizada adubação mineral, deste que associada com a adição de material orgânico; adubação verde, adição de biossólido, composto orgânico, etc. O uso de micorrizas também é citado em vários trabalhos de recuperação de áreas degradadas, por auxiliar o estabelecimento das plantas, especialmente pelo fornecimento de fósforo (GAMALERO et al., 2009; BAHRAMINIA et al.; 2016).

Uma das plantas mais utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas é o capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Esta planta é considerada uma das culturas mais versáteis do milênio com base em suas inúmeras qualidades, como um espesso e profundo sistema radicular e tolerâncias a condições adversas (elevados teores de metais pesados, solos ácidos ou muito alcalinos, grandes amplitudes de temperatura, etc) (KHAN, 2006; SAEB et al., 2015).

Segundo PEREIRA (2006), o vetiver é uma gramínea com alta capacidade de se estabelecer em ambientes de condições extremas. Seja em ambientes áridos ou com alta umidade, de caráter básico ou ácido (pH entre 3,5 a 9,6), podem vegetar solos moderadamente salinos até os muito salinos. Desenvolvem-se tanto em solos arenosos quanto em nos argilosos, sendo tolerante a metais pesados, como o cádmio, mercúrio, níquel, cobre, zinco, arsênico, cromo e selênio. O vetiver também possui uma forte associação simbiótica com uma vasta gama de microrganismos do solo, como os fungos micorrízicos arbusculares, presentes na sua rizosfera e que fornecem nutrientes e fitormônios ao desenvolvimento das plantas (SIRIPIN, 2000).

As barreiras de capim Vetiver, por exemplo, são eficazes em retardar o escoamento da água, reter sedimentos, estabilizar taludes, valetas e bacias de captação, proteger cursos d'água, e em um cultivo simultâneo com outras culturas, na proteção e melhora das características e propriedades do solo (CHAVES et al, 2013).

Assim sendo, o presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento vegetativo de Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), tendo como substrato os rejeitos do rompimento da barragem do Fundão - Mariana (MG), e doses crescentes de composto orgânico, com e sem utilização de micorrizas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campus I do CEFET-MG, município de Belo Horizonte, entre setembro de 2016 e janeiro de 2017, em condições ambientais normais. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 4 x 2. Utilizaram mudas de *Chrysopogon zizanioides*, transplantadas em vasos de polipropileno, preenchidos com rejeitos e adubadas com quatro doses crescentes de composto orgânico (0; 0,5; 1 e 2 kg), com ou sem micorrizas, com quatro repetições.

Os rejeitos de minério de ferro foram coletados no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana-MG, aproximadamente nove meses após o rompimento da Barragem do Fundão. Primeiramente, os rejeitos foram homogeneizados e peneirados, com a finalidade de se retirar pedras, pequenos gravetos e outros materiais. Em seguida, cada saquinho foi preenchido com 3 kg de rejeito de minério de ferro. Amostras dos rejeitos foram encaminhadas para análises químicas, no laboratório de análise de solos, do Instituto Mineiro Agropecuário (IMA). Os resultados indicaram alcalinidade elevada, teores muito baixos de nutrientes, de matéria orgânica e capacidade de troca e cátions; porém teores muito elevados de Fe, Mn e Na.

O composto orgânico foi produzido com resíduos do preparo das refeições dos restaurantes dos campi I e II, do CEFET-MG, no segundo semestre de 2015. Os teores dos nutrientes, matéria orgânica, pH, umidade e Capacidade de Troca de Cátions são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Teores de nutrientes da amostra de composto orgânico, produzido com resíduos de preparo de alimentos e de jardins do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Nutriente	Unidade	Teores (Matéria seca)
N	%	2,20
P ₂ O ₄ total	%	0,02
K ₂ O	%	0,35
Ca	%	3,49
Mg	%	0,26
S	%	-
Matéria Orgânica	%	23,05
pH	-	6,95
CTC	Cmol_e/kg	780,00
Umidade	%	56,25

Em metade dos saquinhos foram adicionados 3,7g de um coquetel de micorrizas, fornecido pela Embrapa Agrobiologia. A outra metade foi utilizada como controle, ou seja, sem adição das micorrizas. As mudas foram transplantadas para vasos de polipropileno, com altura de 16,5 cm e diâmetro interno de 20 cm. Os perfilhos foram podados logo após o transplante, mantendo uma linha base (20 cm acima do colo da planta), para o monitoramento equitativo do crescimento vegetativo dos diferentes tratamentos. Os vasos foram irrigados diariamente, durante as duas primeiras semanas após a implantação do experimento. Posteriormente, as irrigações foram espaçadas, diminuindo para uma vez por semana. O crescimento vegetativo (altura das folhas, a partir do colo da planta), a contagem e diâmetro dos perfilhos foram realizados a cada quinze dias e, no final da avaliação foi verificado o crescimento acumulativo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando o teste-F e comparação de medias pelo teste de Tukey HSD, com probabilidade de 0,05; utilizando-se o pacote estatístico STATPLUS MAC (ANALYSTSOFT, 2017).

RESULTADOS OBTIDOS

A análise de variância mostrou um efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de composto orgânico em relação ao tratamento apenas com os rejeitos, porém, não se observou diferença significativa entre as doses com composto. No entanto, para os parâmetros analisados não foi verificada diferença quanto à inoculação com o coquetel de micorrizas (Tabela 2).

Tabela 2: Crescimento acumulativo de plantas de Vetiver (diâmetro, altura e número de perfilhos), adubadas com mistura de rejeitos de minério de ferro (oriundo do rompimento da Barragem do Fundão-Mariana-MG) e diferentes doses de composto orgânico, inoculadas ou não com um coquetel de micorrizas, com quatro meses – experimento em vaso

Micorrizas	Doses de composto (kg.vaso ⁻¹)	Diâmetro (cm)	Número de perfilhos	Altura (cm)
Não inoculado	0,0	13,65 B	2,25 C	78,150 B
	0,5	15,67 AB	6,25 B	128,825 A
	1,0	17,31 A	10,25 AB	128,225 A
	2,0	17,90 A	10,75 A	144,475 A
Inoculado	0,0	11,99 B	3,00 C	77,450 B
	0,5	14,36 AB	6,75 B	111,350 A
	1,0	15,65 A	6,25 AB	145,200 A
	2,0	16,71 A	8,50 A	159,525 A

Obs: Medias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise química dos rejeitos depositados sobre Bento Rodrigues apresentaram valores extremamente baixos para os principais nutrientes, baixo teor de matéria orgânica e altos teores de sódio, Fe, Mn e de pH, que podem

compromete a revegetação com espécies vegetais autóctones, visto que o solo ali existente apresentava uma boa fertilidade (IBAMA, 2015). As mudas crescendo apenas sobre os rejeitos (0 kg de composto), apresentaram os menores resultados para o crescimento vegetativo em relação aos três parâmetros analisados (diâmetro, número e altura dos perfilhos), evidenciando a baixa fertilidade dos rejeitos.

Por sua vez, o composto orgânico utilizado apresentou elevado teor de matéria orgânica, nitrogênio e cálcio, porém baixos teores de P e K; no entanto, contribuiu para o crescimento das mudas de Vetiver, principalmente nas maiores doses (1 e 2 kg de composto). ROONGTANAKIAT et al (2008) também observaram bom desempenho vegetativo do vetiver, quando adubado com composto orgânico, em área de mina de Fe abandonada e de Pb/Zn (WU et al., 2011). Gautam & Agrawal (2017), observaram que o uso de lodo de esgoto adicionado a rejeito de bauxita, contribuiu para o crescimento do vetiver.

Ademais, a aplicação de fertilizantes orgânicos melhora as propriedades físicas do solo, aumenta a estabilidade estrutural do solo e a retenção de água, reduzindo a densidade aparente, aumentando assim a sua porosidade (CARAVACA et al., 2002). Os adubos orgânicos também melhoram as características químicas e microbiológicas do solo, enriquecendo-o com substâncias húmicas e com macro e micronutrientes (DONI et al., 2014, HERNANDEZ et al., 2014).

Em trabalhos anteriores, KHAN (2006) e SAEB et al. (2015), afirmam que o vetiver é considerado uma das culturas mais versáteis do milênio com base em suas inúmeras qualidades, como um espesso e profundo sistema radicular e tolerâncias a condições adversas (elevados teores de metais pesados, solos ácidos ou muito alcalinos, grandes amplitudes de temperatura, etc). Neste trabalho, as mudas de vetiver não apresentaram sintomas de toxicidade e a altura das plantas adubadas com a maior dose de composto orgânico atingiram aproximadamente 1,5 m de altura, aos 120 dias após o transplântio. Assim, percebe-se que o vetiver é uma planta que teria condições de auxiliar nos processos iniciais de recuperação das áreas afetadas.

CONCLUSÕES

A busca de tecnologias para a recuperação das áreas degradadas pelo rompimento da Barragem do Fundão e pela deposição de milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro no solo no distrito de Bento Rodrigues é extremamente relevante do ponto de vista ambiental, social e econômico. O vetiver apresentou um crescimento vegetativo bastante satisfatório, sem demonstrar sintomas de fitotoxicidade aos elevados teores de Fe, Mn e Na dos rejeitos. A adição do composto orgânico auxiliou o crescimento do vetiver, porém os teores elevados desses elementos podem ter interferido na eficiência da colonização das micorrizas. Mais estudos são necessários para compreender os efeitos dos rejeitos sobre esses microrganismos. Assim, o uso de vetiver associado ao uso de fertilizantes de baixo custo, como a compostagem de resíduos orgânicos urbanos ou rurais, pode dar uma contribuição significativa recuperação ambiental, social e econômica das áreas destruídas pelo rompimento da barragem do Fundão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Portal Brasil. **Meio Ambiente**, 2015. Disponível em:< <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente>> Acesso em 27 de maio de 2017.
2. BAHRAMINIA, M. et al. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of lead-contaminated soil by vetiver grass. **International journal of phytoremediation**, v. 18, n. 7, p. 730-737, 2016.
3. CARAVACA, F., GARCÍA, C., HERNANDEZ, M.T., ROLDAN, A. Aggregate stability changes alter organic amendment and mycorrhizal inoculation in the afforestation of a semiarid site with *Pinus halepensis*. **Applied Soil Ecology** 19, p. 199 – 208, 2002.
4. CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G. **Capim vetiver**: produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas. [Manual Técnico], v. 39, 2013, 16 p.
5. DONI, S., MACCI, C., PERUZZI, E., CECCANTI, B., MASCIANDARO, G. Factors controlling carbon metabolism and humification in different soil agroecosystems. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014,. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1155/2014/416074>>. Acesso em 20 mai 2017

6. GAUTAM, M.; AGRAWAL, M. Phytoremediation of metals using vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) grown under different levels of red mud in sludge amended soil. **Journal of Geochemical Exploration**, 2017.
7. GIL-LOAIZA, J. et al. Phytostabilization of mine tailings using compost-assisted direct planting: Translating greenhouse results to the field. **Science of the Total Environment**, v. 565, p. 451-461, 2016.
8. HERNANDEZ, T., CHOCANO, C., MORENO, J.L., GARCIA, C., Towards a more sustainable fertilization: combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 196, p. 178- 184, 2014.
9. IBAMA, DIPRO, CGEMA. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**, novembro, 2015.
10. KHAN, A.G. Developing sustainable rural communities by reversing land degradation through a miracle plant – vetiver grass. In: **Rural Futures Conference Proceedings: The Rural Citizen: Governance, Culture and Wellbeing in the 21st Century**, p. 5–7, 2006.
11. MINGORANCE, M. D.; FRANCO, I.; ROSSINI-OLIVA, S. Application of different soil conditioners to restore mine tailings with native (*Cistus ladanifer* L.) and non-native species (*Medicago sativa* L.). **Journal of Geochemical Exploration**, v. 174, p. 35-45, 2017.
12. PEREIRA, A. R. **Uso do Vetiver na Estabilização de Taludes e Encostas**. Belo Horizonte: Deflor Engenharia [Boletim Técnico], 2006.
13. ROONGTANAKIAT, N. et al. Effects of soil amendment on growth and heavy metals content in vetiver grown on iron ore tailings. **Kasetsart Journal (Nat. Sci.)**, v. 42, p. 397-406, 2008.
14. SAEB, K. et al. Use of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) in remediation of cyanide soil contamination. **Journal of Biology and Today's World**, v. 4, n. 7, p. 150-155, 2015.
15. WU, S. C. et al. Mycorrhizo-remediation of lead/zinc mine tailings using vetiver: a field study. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, n. 1, p. 61-74, 2011.