

---

**Áreas Degradadas e Contaminadas**

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO INICIAL DE  
CITRONELA EM REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO DA  
BARRAGEM DE FUNDÃO, BENTO RODRIGUES-MG**

Jéssica Elorde Freitas – [jehelorde@gmail.com](mailto:jehelorde@gmail.com)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Jéssica Assis de Paula – [jessicassis60@gmail.com](mailto:jessicassis60@gmail.com)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Laura Magalhães Rocha e Silva – [lauramrsilva@gmail.com](mailto:lauramrsilva@gmail.com)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Priscila Vieira Oliveira e Silva – [priscilavie@gmail.com](mailto:priscilavie@gmail.com)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Valéria Cristina Palmeira Zago – [valzagomg@gmail.com](mailto:valzagomg@gmail.com)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

**1.Resumo:** O rompimento da barragem de Fundão no distrito de Bento Rodrigues-MG trouxe diversos prejuízos sociais e ambientais. Segundo o decreto federal nº 7830/2012, área degradada é aquela que se encontra alterada em função de impacto antrópico, sem capacidade de regeneração natural. Para sua recuperação é necessário adotar uma combinação de técnicas, que possam restabelecer as funções ecológicas mínimas, possibilitando a sucessão natural. Como por exemplo, o uso de plantas mais resistentes e a adição de matéria orgânica no início dos programas de recuperação. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo inicial de *Cymbopogon winterianus* (citronela) no rejeito da Barragem de Fundão, sob diferentes doses de adubação com composto orgânico e utilização de micorrizas. Para avaliar o crescimento inicial das mesmas, realizaram-se medições semanais das alturas da parte aérea das plantas, durante o primeiro mês após o transplântio das mudas para os vasos. As mudas de citronela apresentaram uma taxa de sobrevivência de 100%, porém o crescimento daquelas que receberam adubação orgânica foi significativamente maior que aquelas onde foi aplicado apenas os rejeitos. No entanto, não foi observado diferença significativa entre as doses utilizadas. A utilização de micorrizas não interferiu na altura das plantas. Os dados apresentados correspondem apenas ao primeiro mês após o transplântio, sendo que, uma avaliação que considere outros indicadores de desenvolvimento, como matéria seca da parte aérea e das raízes e também uma análise da colonização das micorrizas por um período de tempo maior, poderá apresentar informações mais conclusivas.

**Palavras-chave:** fitorremediação; citronela; minério de ferro; desenvolvimento vegetativo.

## **2.Introdução/Objetivo**

Uma das bases para o desenvolvimento da sociedade é a utilização de metais pesados em sua cadeia de produção, como exemplo, na matéria prima de fertilizantes agrícolas e em diversas áreas das indústrias para bens de consumo (SILVA et al., 2004). Para que bens de consumo sejam produzidos, as atividades de mineração e siderurgia exploram metais, provocando grandes poluições e danos ambientais elevados (OLIVEIRA et al., 2009). Segundo Mechi e Sanches (2010), dentre os danos ambientais causados pela mineração pode-se citar: supressão e/ou impedimento de regeneração da

vegetação; remoção do solo superficial; alteração da qualidade das águas dos rios, reservatórios da mesma bacia e águas subterrâneas; poluição do ar por particulados suspensos pela atividade de lavra; ruídos e vibrações no solo associados à operação de equipamentos e explosões.

Na mineração, denomina-se lavra, o conjunto de operações realizadas visando à retirada de minério. No entanto, para que o mesmo seja incorporado aos processos metalúrgicos ou na indústria é necessário que seja submetido a um tratamento que o divide em duas partes, o concentrado e o rejeito (MUNIZ et al., 2008). Os rejeitos são armazenados em barragens, podendo ser definidas como estruturas formadas por camadas de solo em que formam grande lagos de lama (FERREIRA, 2016).

O rompimento da barragem de Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, no distrito Bento Rodrigues, da cidade de Mariana-MG, no dia 05 de novembro de 2015, foi considerado o maior desastre ambiental já ocorrido no Brasil. A barragem continha 50 milhões de m<sup>3</sup> de rejeito de minério de ferro, sendo que 34 milhões de m<sup>3</sup> foram lançados no meio ambiente e a parcela restante está sendo carregada a jusante e em direção ao mar. (IBAMA, 2016; SCHNEIDER et al., 2016). Conforme a NBR 10.004 o rejeito da Barragem de Fundão foi classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês, e foi atingida uma área em torno de 800.000 m<sup>2</sup>. O rompimento da barragem trouxe diversos prejuízos ambientais e sociais, como: desalojamento das comunidades do entorno, desagregação dos vínculos sociais das comunidades, destruição de áreas agrícolas e pastos, mortandade da biodiversidade aquática e fauna terrestre, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa, dentre outros (IBAMA, 2016).

Toda a área afetada pelo rompimento da barragem pode ser considerada uma área degradada, baseada no decreto federal nº 7830 (de 17 de outubro de 2012) que trata a Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012, em que se entende que uma área degradada é aquela que se encontra alterada em função de impactos antrópicos, sem capacidade de regeneração natural. Conforme a lei nº 9.985 de 18 de junho de 2000, considera-se como recuperação desta área, a restituição de seu ecossistema degradado a uma condição não degradada, que pode ser diferente da sua condição original. Para a recuperação da área degradada

deve-se realizar procedimentos, que visem a maior eficiência no processo de recuperação associada ao menor custo possível (ROSA et al., 2012). A estratégia de tentativa de recuperar a área degradada pelo rompimento da barragem foi a técnica de fitorremediação que além de apresentar baixo custo é ambientalmente sustentável (KUMAR, MAITI, 2015).

A espécie escolhida para o desenvolvimento deste trabalho é a *Cymbopogon winterianus*, chamada popularmente de citronela, que é uma espécie aromática pertencente à família das poáceas (gramíneas). É natural da Ásia, do tipo herbácea, cespitosa, perene, de colmo ereto e nodoso e pode atingir até 1,7 metros de altura. Forma touceiras altas em que as pontas de suas folhas são voltadas para baixo, possuem aspecto áspero em ambas as faces e apresenta perfume de eucalipto. Com relação ao clima e ao solo, esta espécie prefere climas tropicais e subtropicais e pode ser plantada em solos com barrancos propícios à erosão, podem ser utilizadas ao longo valas de drenagem, em lagoas e na orla de regatos. A *Cymbopogon winterianus* (citronela) possui grande importância socioeconômica, pois a partir da aquisição de seu cultivo, os pequenos produtores podem produzir óleos essenciais e esta atividade pode contribuir de forma significativa na renda de muitas famílias. Além do mercado nacional se interessar pela compra de óleos essenciais, o mercado internacional possui uma demanda extremamente alta, por exemplo as indústrias farmacêuticas e de cosméticos (SALERNO et al., 2004). Espera-se que até o final do ano de 2050 a demanda global de óleos essenciais atinja o valor de US \$ 5 trilhões (VERMA et al., 2014).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo da espécie *Cymbopogon winterianus* (citronela) no rejeito da Barragem de Fundão (Bento Rodrigues - MG), sob diferentes doses de adubação com composto orgânico e utilização de micorrizas.

### **3. Metodologia**

As amostras de minério de ferro foram coletadas no dia 12 de setembro de 2016, no distrito de Bento Rodrigues, localizado na cidade de Mariana-MG (Figura 1).

FIGURA 1 - Localização do distrito Bento Rodrigues- MG e da Barragem de Fundão.



Fonte: CLIMATEMPO (2016)

Primeiramente, os rejeitos foram homogeneizados e peneirados, com a finalidade de se retirar pedras, pequenos gravetos e outros materiais.

O delineamento experimental foi o completamente casualizado, em um esquema fatorial 4 x 2, onde os tratamentos consistiram em quatro doses crescentes do composto orgânico (0; 0,5; 1 e 2 kg/vaso), com e sem inoculação de micorrizas e quatro repetições. As raízes das mudas foram lavadas e os perfilhos foram podados a 20 cm do colo da raiz. Em seguida, as mudas foram transplantadas para sacos de polipropileno contendo 3 kg do rejeito de minério de ferro, com 16,5 cm de altura e 20cm de diâmetro interno.

O composto orgânico utilizado no experimento foi produzido no segundo semestre de 2015, a partir dos resíduos orgânicos de preparo das refeições dos restaurantes estudantis dos campi I e II do CEFET-MG.

A altura das plantas foi medida a cada uma semana. Os dados aqui apresentados correspondem a análise do crescimento vegetativo no primeiro mês após o transplântio. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

#### 4. Resultados e Discussão

Os teores dos nutrientes, matéria orgânica, pH, umidade e Capacidade de Troca de Cátions são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Teores de nutrientes, matéria orgânica, pH, Capacidade de Troca de Cátions e umidade da amostra de composto orgânico, produzido com resíduos de preparo de alimentos e de jardins do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

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

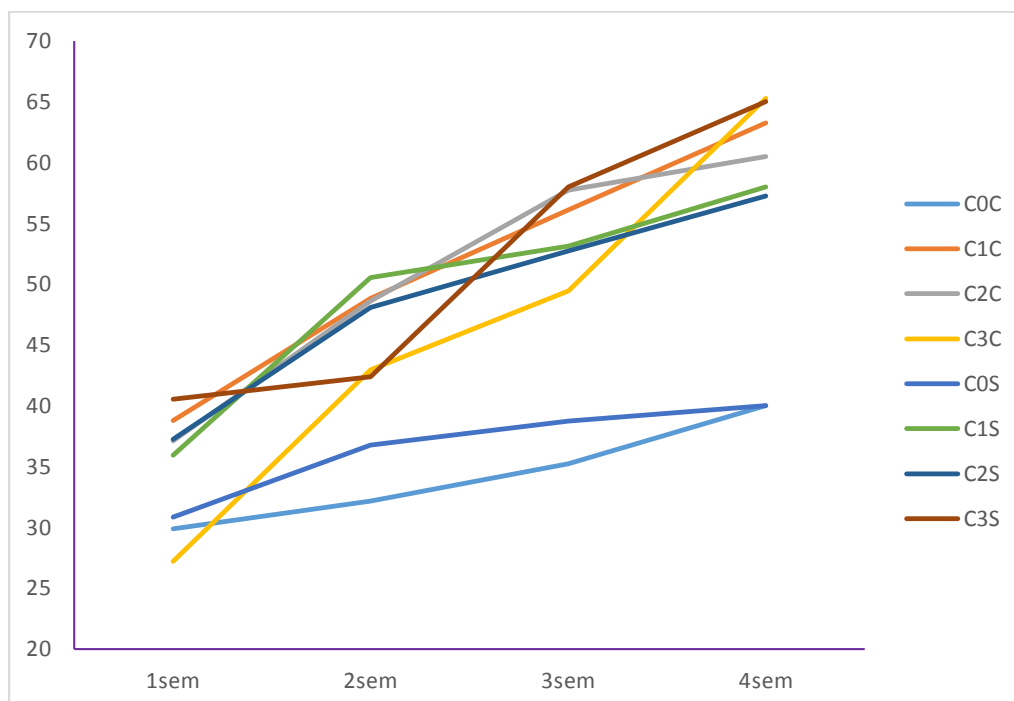
O teor de matéria orgânica no composto foi elevado e, consequentemente, o nitrogênio foi fornecido em um nível adequado para o desenvolvimento das plantas. No entanto, os teores de fósforo e potássio estavam baixos. O pH foi neutro e a CTC, elevada. Já análise química do rejeito depositado sobre o solo de Bento Rodrigues, mostrou um pH alcalino, semelhante ao encontrado em solos salinos; teores de matéria orgânica e nutrientes muito baixo e elevados teores de ferro e manganês, acima do tolerável para a maioria das plantas (dados não publicados).

O monitoramento das plantas, durante o primeiro mês após o transplântio das mudas, mostrou um desenvolvimento sem sinais visíveis de toxidez por excesso de ferro e manganês. Não foi observada a ocorrência de pragas ou doenças durante o período e todas as mudas sobreviveram no período monitorado.

No transplântio, todas as mudas estavam com 20 cm de altura a partir do colo da raiz. A Figura 2 apresenta o crescimento vegetativo acumulado no período de um mês, através do monitoramento da altura das mudas. Pôde-se perceber que, as plantas que

receberam adubação com composto orgânico apresentaram um crescimento vegetativo crescente e superior aos controles (sem adubação).

Figura 2: Altura da parte aérea das mudas de citronela (cm), nas quatro primeiras semanas após o transplantio para os vasos.



Obs: C0, C1, C2 e C3 = doses crescentes de composto orgânico (0; 0,5; 1 e 2 kg/vaso).  
C, S= com e sem adição de inóculos de micorrizas

Apesar da influência do composto orgânico na altura das mudas do experimento, não foi possível verificar diferença significativa entre tratamentos com as dosagens crescentes de composto orgânico (Tabela 2).

Tabela 2: Altura média das mudas de citronela após quatro semanas do transplantio para os vasos, em relação às doses de composto orgânico aplicado.

Doses de Composto (kg/vaso)	Altura (cm)
0	38 b*
0,5	58,9 a
1	60,6 a
2	65 a

\* letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade



A adubação orgânica contribuiu para o desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, no estabelecimento dessas plantas, possibilitando maior área foliar e fotossíntese. Porém, mesmo as maiores doses de composto não proporcionaram um crescimento correspondente. Trabalhos anteriores com citronela mostraram boas respostas a doses crescentes de adubação orgânica (PRAKASH et al., 2004; ALVES et al., 2014). Os rejeitos utilizados podem ter interferido na expressão do crescimento vegetativo, pois em pH muito alcalino, a disponibilidade de nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio é reduzida (MALAVOLTA, 1980). Além dos teores extremamente altos de Fe e Mn. Por exemplo, o excesso de Fe pode causar, também, desbalanços nutricionais nas plantas induzindo deficiência de alguns minerais essenciais tais como P, Ca, K, Mg e Zn (AUDEBERT; FOFANA, 2009).

A análise estatística não mostrou diferença significativa entre os tratamentos com e sem inoculação com micorrizas. Também não foi verificada interação entre doses de composto orgânico e inoculação.

## **5. Conclusões/Recomendações**

As mudas de citronela apresentaram uma taxa de sobrevivência de 100%, porém o crescimento daquelas que receberam adubação orgânica foi significativamente maior que aquelas onde foi aplicado apenas os rejeitos. No entanto, não foi observado diferença significativa entre as doses utilizadas. A utilização de micorrizas não interferiu na altura das plantas. Os dados apresentados correspondem apenas ao primeiro mês após o transplante, sendo que, uma avaliação considerando outros indicadores de desenvolvimento, como matéria seca da parte aérea e das raízes e análise da colonização das micorrizas por um período maior, poderá apresentar informações mais conclusivas.

## **6. Referências Bibliográficas**

ALVES, Patricia Alves Casaes et al. Biomass and essential oil production from menthe is influenced by compost and lime. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 8, n. 12, p. 468-474, 2014.



---

AUDEBERT, A.; FOFANA, M. Rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, p. 66-76, 2009.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, Verona Marinho. Análise referente ao rompimento da barragem de rejeito de Fundão - Mariana-MG. **Arquitetura e Urbanismo Engenharia Civil Engenharia Elétrica Gastronomia Moda**, p. 175. 2016.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar**: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, novembro, 2016.

KUMAR, Adarsh; MAITI, Subodh Kumar. Effect of organic manures on the growth of *Cymbopogon citratus* and *Chrysopogon zizanioides* for the phytoremediation of Chromite-Asbestos mine waste: A pot scale experiment. **International journal of phytoremediation**, v. 17, n. 5, p. 437-447, 2015.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente-doi: 10.5102/ucs.v4i1.24. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2008.

OLIVEIRA, Daniele Lopes; ROCHA, Cleonice; MOREIRA, Paulo Cesar; MOREIRA, Stephânia de Oliveira Laudares. Plantas Nativas do Cerrado: uma alternativa para fitorremediação. **Estudos**, v. 36, n. 6, p. 1141-1158, 2009.

---

PRAKASH, Anil et al. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. **Bioresource technology**, v. 92, n. 3, p. 311-319, 2004.

ROSA, André Henrique; FRACETO, Leonardo Fernandes; MOSCHINI-CARLOS, Viviane. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012, 411 p.

SALERNO, A. R.; AGOSTINI, I.; SILVA JÚNIOR, A. A. Normas técnicas para cultivo de capim-limão, citronela, palma-rosa e patchuli. **Normas técnicas para cultivo de capim-limão, citronela, palma-rosa e patchuli**, v. 37, 2004.

SCHNEIDER, Rafaela Hahn et al. Cálculo da área atingida pelo rompimento da barragem em Bento Rodrigues-MG, utilizando integração numérica. **Salão do Conhecimento**, v. 2, n. 2, 2016.

SILVA, S. R. et al. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 189-196, 2004.

VERMA, Ram S.; PADALIA, Rajendra C.; CHAUHAN, Amit. Chemical composition variability of essential oil during ontogenesis of *Daucus carota* L. subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 809-814, 2014.