

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM

NEUBERT HOMEM GONÇALVES

RESPOSTAS À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA E FAIXAS
ADEQUADAS DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE REJEITO DE
MINERAÇÃO DE QUARTZITO PARA DUAS ESPÉCIES NATIVAS

DIAMANTINA - MG
2014

NEUBERT HOMEM GONÇALVES

RESPOSTAS À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA E FAIXAS
ADEQUADAS DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE REJEITO DE
MINERAÇÃO DE QUARTZITO PARA DUAS ESPÉCIES NATIVAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva

Co-orientador

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

DIAMANTINA - MG

2014

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nathália Machado Laponez Maia – CRB6/3002

G635r
2014

Gonçalves, Neubert Homem.

Respostas à adubação mineral e orgânica e faixas adequadas de atributos químicos de rejeito de mineração de quartzito para duas espécies nativas / Neubert Homem Gonçalves. – 2014. 43 f.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva
Coorientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2014.

1. Áreas degradadas. 2. Recuperação. 3. Dose recomendada. 4. Atributo químico. 5. *Eremanthus erythropappus*. 6. *Solanum lycocarpum*. 7. Substrato de mineração. I. Silva, Alexandre Christófaros. II. Silva, Enilson de Barros. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. IV. Título.

CDD 631.8

NEUBERT HOMEM GONÇALVES

RESPOSTAS À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA E FAIXAS
CRÍTICAS DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE REJEITO DE MINERAÇÃO
DE QUARTZITO PARA DUAS ESPÉCIES NATIVAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2014

Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes - ICA/UFMG

Prof. Dr. Israel Marinho Pereira - UFVJM

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM

Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva - UFVJM
Presidente

DIAMANTINA - MG
2014

Ofereço

*Esta vitória aos meus pais,
pelo esforço, apoio, carinho
e por estarem sempre presentes na minha vida.*

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”

José de Alencar

AGRADECIMENTOS

A DEUS por ter me concedido a vida, por me abençoar nessa caminhada e por ter me dado força de vontade para concluir este desafio e conquistar essa vitória.

A toda minha família, em especial, meus pais Elder e Maria da Conceição, minhas irmãs Stephanie e Raíssa, sempre me incentivando, fazendo com que eu me mantivesse firme junto ao meu propósito. Obrigado por tudo, principalmente por estarem presentes na minha vida. Essa conquista também é de vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, pela oportunidade oferecida e pelo grande conhecimento adquirido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao professor Enilson de Barros Silva, pela simplicidade, boa vontade, paciência, sabedoria, respeito, grande aprendizado que me proporcionou e principalmente por nunca ter me negado dividir seu tempo precioso.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação pelos ensinamentos e pela grande contribuição na minha formação profissional.

A todos os amigos da pós-graduação, pela convivência agradável, companheirismo e amizade prestada nesse período.

À Diamantina pela recepção acolhedora durante todos esses anos.

A todas as pessoas que passaram pelo meu caminho e agradeço o apoio a todas aquelas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para que esse trabalho fosse concretizado.

RESUMO

GONÇALVES, Neubert Homem. **Respostas à adubação mineral e orgânica e faixas adequadas de atributos químicos de rejeito de mineração de quartzito para duas espécies nativas**, 2014. 43p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

O declínio da mineração de diamante em Diamantina (MG) e entorno, com a interrupção das descobertas e o gradativo esgotamento das minas em operação está levando a descoberta e a exploração de maciços de quartzito havendo a degradação da vegetação existente, e do solo, criando um ambiente bastante inóspito ao crescimento de plantas. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento e as faixas adequadas ao crescimento inicial de *Eremanthus erythropappus* e *Solanum lycocarpum*, após a influência da adubação mineral e orgânica quando cultivada em rejeito da mineração de quartzito. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sendo os tratamentos dispostos no formato de delineamento inteiramente casualizado, com cinco combinações de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e um tratamento adicional do rejeito sem AM e AO (Controle), com quatro repetições. As combinações consistiram de 100% AM - 0% AO; 75% AM - 25% AO; 50% AM - 50% AO; 25% AM - 75% AO; 0% AM - 100% AO, sendo as doses de 150 mg de N, 140 mg de P, 150 mg de K e 5 g de esterco de curral por dm³ de rejeito de quartzito correspondente a 100% AM e 100% AO. As demais doses foram proporcionais às combinações dos tratamentos. Foram avaliados os parâmetros de crescimento para cada uma das espécies, sendo estes, diâmetro do coleto, altura de mudas, massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e relação MSR/MSPA. Através das combinações adequadas de adubação, os maiores resultados apresentados pela candeia com relação às variáveis avaliadas, foram na dose com 50% AM - 50% AO, correspondente a 75 mg de N, 70 mg de P, 75 mg de K e 2,5 g de esterco de curral; enquanto que para a lobeira, os maiores resultados ocorreram na dose de 25% AM - 75% AO, correspondente a 37,5 mg de N, 35 mg de P, 37,5 mg de K e 3,75 g de esterco de curral por dm³ de rejeito de quartzito. As doses recomendadas para o crescimento inicial (90% produção máxima da MSPA) da candeia foram 66,5 mg de N; 62,0 mg de P, 66,5 mg de K e 2,8 g de esterco de curral por dm³ de rejeito quartzito. Para a lobeira, as doses recomendadas foram 55,5 mg de N; 51,8 mg de P, 55,5 mg de K e 2,3 g de esterco de curral por dm³ de rejeito de quartzito. Foram definidas faixas adequadas dos atributos químicos de rejeito de mineração quartzito para as duas espécies nativas.

Palavras-chave: áreas degradadas, recuperação, dose recomendada, atributo químico.

ABSTRACT

GONÇALVES, Neubert Homem. **Responses to mineral and organic fertilization and appropriate ranges of chemical attributes of reject mining quartzite for two native species**, 2014. 43p. Dissertation (Masters in Forest Science) - Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valley, Diamantina, 2014.

The decline in diamond mining in Diamantina (MG) and its surroundings, with the interruption of the findings and the gradual exhaustion of operating mines is leading the discovery and exploitation of massive quartzite going degradation of existing vegetation, and soil, creating an environment very inhospitable to plant growth. This work aimed to evaluate the behavior and appropriate range to the initial growth of *Eremanthus erythropappus* and *Solanum lycocarpum* after the influence of mineral and organic when grown in reject from mining of quartzite fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse, with treatments arranged in a completely randomized design, with five combinations of mineral fertilizer (MF) and organic (OF) and an additional treatment of the reject without AM and AO (Control), with four replications. Combinations consisted of 100% MF - 0% OF; 75% MF - 25% OF; 50% MF - 50% OF; 25% MF - 75% OF; 0% MF - 100% OF, with doses of 150 mg of N, 140 mg of P, 150 mg of K and 5 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite corresponding to 100% MF and 100% OF. The remaining doses were proportional to the combinations of treatments. Parameters of growth for each species, these being, diameter, height of seedling, mass weight of shoot (MWS), root (MSR) and ratio MWR/MSPA were evaluated. Through appropriate fertilizer combinations, the greatest results presented by the *Eremanthus erythropappus* with respect to the variables evaluated, in dose were 50% MF - 50% OF, corresponding to 75 mg of N, 70 mg of P, 75 mg of K and 2,5 g of bovine manure; while for *Solanum lycocarpum*, the greatest results occurred in a dose of 25% MF - 75% OF, corresponding to 37,5 mg of N, 35 mg of P, 37,5 mg of K and 3,75 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite. The recommended doses for the initial growth (90% maximum production MWS) of the *Eremanthus erythropappus* were 66,5 mg of N; 62,0 mg of P, 66,5 mg of K and 2,8 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite. For *Solanum lycocarpum*, the recommended doses were 55,5 mg of N; 51,8 mg of P, 55,5 mg of K and 2,3 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite. The appropriate range of chemical attributes of reject quartzite mining for the two native species were defined.

Key words: degraded areas, recovery, recommended dose, chemical attributes.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I.		Pág.
Tabela 1	Análise química e de textura do rejeito da mineração de quartzito.....	08
Tabela 2	Tratamentos com as combinações entre adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e suas respectivas doses NPK e de esterco de curral aplicadas em rejeito estéril da mineração de quartzito	08
Tabela 3	Diâmetro do caule, altura de mudas, massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e relação de MSR e MSPA de mudas de candeia e de lobeira aos 120 dias em função das combinações entre adubação mineral (NPK) e orgânica (Esterco de curral) aplicada em rejeito estéril da mineração de quartzito.....	11
ARTIGO CIENTÍFICO II.		
Tabela 1	Análise química e de textura do rejeito da mineração de quartzito.....	26
Tabela 2	Tratamentos com as combinações entre adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e suas respectivas doses NPK e de esterco de curral aplicadas em rejeito estéril da mineração de quartzito.....	27
Tabela 3	Equações de regressão ajustadas para os atributos químicos (\hat{y}) do rejeito da mineração de quartzito em função da porcentagem de adubação mineral (AM) (x), após a colheita das mudas de candeia e lobeira aos 120 dias do transplântio ou desbaste.....	33
Tabela 4	Classificação dos atributos químicos do rejeito da mineração de quartzito em função da porcentagem de adubação mineral (AM) (x) e, faixas adequadas para atingir 90 - 100% da produção máxima de massa seca da parte aérea (90 - 100% MSPA) e no controle, após a colheita das mudas de candeia e lobeira aos 120 dias do transplântio ou desbaste.....	34

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO II.

Figura 1	Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) em função da porcentagem de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) aplicada em rejeito da mineração de quartzito em mudas de candeia (a) e lobeira (b). (** significativo a 1% pelo teste de F).....	30
----------	--	----

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	02
ARTIGO CIENTIFICO I.....	04
1 Resumo.....	04
2 Abstract.....	05
3 Introdução.....	06
4 Material e métodos.....	07
5 Resultados e discussão.....	10
6 Conclusões.....	17
7 Agradecimentos.....	17
8 Referências bibliográficas.....	17
ARTIGO CIENTIFICO II.....	22
1 Resumo.....	22
2 Abstract.....	23
3 Introdução.....	24
4 Material e métodos.....	26
5 Resultados e discussão.....	29
6 Conclusões.....	38
7 Agradecimentos.....	38
8 Referências bibliográficas.....	38
CONCLUSÃO GERAL.....	43

INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia montanhosa Serra do Espinhaço atravessa de norte a sul os estados da Bahia e Minas Gerais (HARLEY, 1995; GIULIETTI et al., 1997), na extensão que pertence a região de Diamantina (MG), onde foram extraídos cerca de 30 a 40% de todos os diamantes já produzidos no Brasil (CHAVES et al., 1993).

Após décadas de exploração acelerada de diamantes, o declínio nas descobertas de novas jazidas e a queda gradativa das minas em operação tem ocasionado uma busca por outras fontes minerais, dentre as quais, a exploração de maciços de quartzito encontrados em abundância na região. Como consequência está ocorrendo a descaracterização do local, geração e disposição irregular de um grande volume de resíduos, causando alto grau de degradação da vegetação, além de impossibilitar o desenvolvimento e crescimento de plantas, além da extinção de espécies endêmicas como consequência dessa forte interferência antrópica (MENEZES e GIULETTI, 2000; YUAN et al., 2006).

A mineração é uma atividade de suma importância para a economia e para o desenvolvimento, tendo sido um dos principais meios para a efetiva ocupação de parte do território brasileiro (AZEVEDO e DELGADO, 2002). No entanto, a extração mineral é considerada uma atividade antrópica de elevada intensidade, pelo fato das atividades minerárias causarem a degradação de menores extensões de áreas quando comparado às atividades agropecuárias, gerando um impacto ambiental local muito maior, proporcionando drásticas alterações ao ecossistema.

Diversos problemas como a redução dos processos de regeneração natural e baixa resiliência (CULLEN et al., 1998), desfavorecem o restabelecimento natural das espécies pelo fato de haver a remoção da serrapilheira, que contém sementes de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas que formam o banco de sementes e de plântulas que são partes integrantes da população vegetal (WILLIAMS, 1984), a perda da biodiversidade, a erosão do solo e a geração do rejeito estão entre os principais impactos causados pela atividade de mineração (CHAER et al., 2011).

A legislação brasileira, Resolução CONAMA 001/86 (BRASIL, 1986), preconiza há muito tempo a obrigatoriedade da recuperação de áreas degradadas pela extração de recursos naturais. Essa recuperação passa pela recomposição topográfica e paisagística, assim como pela reconstrução do solo, a fim do restabelecimento do equilíbrio ecológico.

Tratando-se da revegetação de áreas degradadas, é importante que a espécie selecionada possua crescimento vegetativo acelerado, devido ao sucesso da recuperação estar

diretamente relacionado a um rápido recobrimento do solo (SILVA et al., 2007). Dentre as espécies que podem ser indicadas para compor os plantios nessas áreas degradadas destacam-se as arbóreas nativas.

Apesar do pouco conhecimento sobre estas espécies, principalmente em relação às suas exigências nutricionais em substrato oriundo de áreas degradadas pela mineração de quartzito, podem ser de grande importância no processo de restauração uma vez que estas espécies são de ocorrência natural e pelo fato de serem naturalmente adaptadas às regiões onde ocorrem é muito importante para o equilíbrio ambiental, pois existem complexas relações dos demais seres vivos com essas espécies. (FAGERIA et al., 1991; NOVÁK; PRACH, 2003) viabilizando, com isso o estabelecimento de espécies vegetais mais exigentes.

Este trabalho objetivou avaliar o comportamento e as faixas adequadas ao crescimento inicial de candeia e lobeira, após a influência da adubação mineral e orgânica quando cultivada em rejeito da mineração de quartzito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. M. M.; DELGADO, C. C. Mineração, meio ambiente e mobilidade populacional: Um levantamento nos estados do Centro-Oeste expandido. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, v.13, 2002, Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto, 2002. CD-ROM.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 001 de 23 de janeiro de 1986. Confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Coleção de leis [do] Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 18 set. 2013.

CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; BODDEY, R. M.; SCHIMIDT, S. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v.31, n.2, p.139-149, 2011.

CHAVES, M. L. S. C.; SVISERO, D. P. Características geológicas e origem dos conglomerados diamantíferos das regiões de Diamantina (Mesoproterozóico) e de Romaria (Cretáceo Superior), Minas Gerais. **Boletim IG-USP, Série Científica**, São Paulo, v.24, p.49-57, 1993.

CULLEN, W. R.; WHEATER, C. P.; DUNLEAVY, P.J. Establishment of species-rich vegetation on reclaimed limestone quarry faces in Derbyshire, UK. **Biological Conservation**, Boston, v.84, n.1, p.25-33, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: M. Dekker, 1991. 476p.

- GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: DAVIS, S. D.; HEYWOOD, V.H.; HERRERA-MACBRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J.; HAMILTON, A. C (Ed). **Centres of plant diversity**. A guide and strategies for the conservation. v.3. Oxford: Information Press, 1997. p.397-404.
- HARLEY, R. M. Introduction. In: STANNARD, B.L (ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1995. p.1-40.
- MENEZES, N. L., GIULIETTI, A. M. Campos rupestres. In: MENDONÇA, M.P.; LINS, L.V. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 2000. p.65-73.
- NOVÁK, J.; PRACH, K. Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. **Applied Vegetation Science**, Knivsta, v.6, n.2, p.111-116, 2003.
- SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; VIEIRA, C. T.; CARVALHO, D. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.3, p.271-277, 2007.
- WILLIAMS, E. D. Changes during 3 years in the size and composition of seed bank beneath a long-term pasture as influenced by defoliation and fertilizer regime. **Journal of Applied Ecology**, London, v.21, n.2, p.603-615, 1984.
- YUAN, Y. J. G.; FANG, W.; FAN, L.; CHEN, Y.; WANG, D. Q.; YANG, Z. Y. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. **Restoration Ecology**, Malden, v.14, n.3, p.349-356, 2006.

ARTIGO CIENTÍFICO I

RESPOSTAS À ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS CULTIVADAS EM REJEITO DE MINERAÇÃO DE QUARTZITO

RESUMO

Apesar de ter sido um dos principais meios para a efetiva ocupação de parte do território brasileiro, a mineração tem promovido um grande aumento na ocorrência de áreas degradadas advindas de atividades mineradoras no Brasil. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas à adubação mineral e orgânica das espécies nativas *Eremanthus erythropappus* e *Solanum lycocarpum* cultivadas em rejeito proveniente de áreas da mineração de quartzito. Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco combinações de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e um tratamento adicional do rejeito sem AM e AO (Controle), com quatro repetições. As combinações consistiram de 100% AM - 0% AO; 75% AM - 25% AO; 50% AM - 50% AO; 25% AM - 75% AO; 0% AM - 100% AO, sendo as doses de 150 mg de N, 140 mg de P, 150 mg de K e 5 g de esterco de curral por dm³ de rejeito de quartzito correspondente a 100% AM e 100% AO. As demais doses foram proporcionais às combinações dos tratamentos. Foram avaliados os parâmetros de crescimento para cada uma das espécies, sendo estes, diâmetro do coleto, altura de mudas, massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e relação MSR/MSPA. Por meio das combinações adequadas de adubação, os maiores resultados apresentados pela candeia com relação às variáveis avaliadas, foram na combinação de 50% AM - 50% AO, correspondente a dose de 75 mg de N, 70 mg de P, 75 mg de K e 2,5 g de esterco de curral; enquanto que para a lobeira, os maiores resultados ocorreram na combinação de 25% AM - 75% AO, correspondente a dose 37,5 mg de N, 35 mg de P, 37,5 mg de K e 3,75 g de esterco de curral.

Palavras-chave: áreas degradadas, *Eremanthus erythropappus*, *Solanum lycocarpum*, substrato de mineração.

ABSTRACT

RESPONSES TO MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS OF TWO NATIVE SPECIES CULTIVATED IN MINING REJECT QUARTZITE

Despite being one of the main means for the effective occupation of the Brazilian territory, mining has promoted a large increase in the occurrence of degraded areas resulting from mining activities in Brazil. The objective of this work was to evaluate the responses to mineral and organic fertilization of native species *Eremanthus erythropappus* and *Solanum lycocarpum* grown in reject from mining areas of quartzite. An experiment in a greenhouse, with treatments arranged in a completely randomized design, with five combinations of mineral fertilizer (MF) and organic (OF) and an additional treatment of the reject without MF and OF (Control), with four replications was conducted. Combinations consisted of 100% MF - 0% OF; 75% MF - 25% OF; 50% MF - 50% OF; 25% MF - 75% OF; 0% MF - 100% OF, with doses of 150 mg of N, 140 mg of P, 150 mg of K and 5 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite corresponding to 100% MF and 100% OF. The remaining doses were proportional to the combinations of treatments. Parameters of growth for each species, these being, diameter, height of seedling, mass weight of shoot (MWS), root (MSR) and ratio MSR/MWS were evaluated. Through appropriate fertilizer combinations, the greatest results presented by the *Eremanthus erythropappus* with respect to the variables evaluated, in dose were 50% MF - 50% OF, corresponding to 75 mg of N, 70 mg of P, 75 mg of K and 2,5 g of bovine manure; while for *Solanum lycocarpum*, the greatest results occurred in a dose of 25% MF - 75% OF, corresponding to 37,5 mg of N, 35 mg of P, 37,5 mg of K and 3,75 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite.

Key words: degraded areas, *Eremanthus erythropappus*, *Solanum lycocarpum*, mining substrate.

INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade muito importante para a economia e para o desenvolvimento, tendo sido um dos principais meios para a efetiva ocupação de parte do território brasileiro (BACCI et al., 2006).

Em Diamantina (MG) e entorno, após várias décadas de exploração acelerada de diamantes, a interrupção das descobertas de novas jazidas e o gradativo esgotamento das minas em operação tem ocasionado maiores buscas por outras fontes minerais, dentre as quais se destaca pela maior viabilidade, a exploração de maciços de quartzito encontrados em grande abundância na região (YUAN et al., 2006).

Essa prática exploratória tem como grave consequência a degradação da vegetação existente, da composição e da estrutura do solo (WILLIAMSON et al., 2011), a descaracterização da paisagem local, tornando este ambiente bastante inóspito e impossibilitando o desenvolvimento e crescimento de plantas, além da extinção de espécies endêmicas como consequência dessa forte interferência antrópica (MENEZES e GIULETTI, 2000).

Em função do acelerado processo de degradação decorre a necessidade de dispor de informações básicas sobre o comportamento das espécies nativas nesses ambientes, que subsidiem a proposição de estratégias que visem à restauração de áreas degradadas, sendo extremamente importante que a espécie escolhida possua crescimento vegetativo acelerado, pois o sucesso da recuperação está diretamente relacionado a um rápido recobrimento do solo (SILVA et al., 2007).

Nesse quesito, se enquadra perfeitamente a espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish, conhecida popularmente como candeia, espécie arbórea pertencente à família Asteraceae e ao grupo ecológico das pioneiras, adaptada a solos naturalmente pobres, arenosos e pedregosos (RIZZINI, 1979; SCOLFORO et al., 2004), características típicas da região de Diamantina (MG). Dessa forma, pode ser utilizada em plantios para fins de recuperação de áreas degradadas com solos expostos através do rápido recobrimento da cobertura vegetal, agregando matéria orgânica e melhorando a sua estrutura (FEITOSA et al., 2008). Além disso, possui um sistema radicular profundo, com maior quantidade de raízes, principalmente de raízes finas, que possam melhor nutrir a planta, promovendo, assim, maior capacidade de crescimento e desenvolvimento.

A espécie *Solanum lycocarpum* é uma espécie arbórea típica do cerrado brasileiro (RIZZINI, 1963; ROESLER et al., 2007), pertencente à família Solanaceae, conhecida

popularmente como lobeira (fruta-do-lobo), também apresenta comportamento de espécie pioneira (OLIVEIRA, 2006), resistente a estresse hídrico (VIDAL et al. 1999), atuando como espécie oportunista e colonizadora (MARTINS, 2006), promovendo um rápido crescimento, aliando suas altas taxas de sobrevivência ao seu excepcional crescimento em diâmetro e altura, possui rápida germinação das suas sementes, havendo uma alta taxa de emergência de plântulas, além de possuir adaptações tanto anatômicas quanto fisiológicas às condições desfavoráveis impostas por um ambiente degradado, típicas de ambientes de mineração (ELIAS, 2003; OLIVEIRA, 2006).

Para ambientes degradados por mineração a céu aberto, com solos expostos à erosão e intemperismo, como no caso das pilhas de rejeito da mineração de quartzito, é de suma importância à utilização da matéria orgânica, pois tem sido considerada uma componente chave para manutenção da qualidade física, química e biológica. Na parte física, proporcionando maior agregação de partículas e retenção de água. Na parte química, aumento do poder tampão do solo, formação de compartimentos e decomposição de nutrientes em forma orgânica, aumento na capacidade de troca catiônica e complexação de metais. Na parte biológica contribui para o aumento da reserva metabólica de energia, disponibilidade de nitrogênio, fósforo e enxofre no solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

Deve-se tomar bastante cuidado na escolha e no uso das espécies nativas no processo de recuperação de áreas degradadas, já que este pode tornar-se comprometido, devido ao pouco conhecimento principalmente em relação às suas exigências nutricionais em áreas degradadas pela mineração de quartzito.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas à adubação mineral e orgânica das espécies nativas *Eremanthus erythropappus* e *Solanum lycocarpum* cultivadas em rejeito proveniente de áreas da mineração de quartzito.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, Brasil, situado nas coordenadas 18°12'S; 43°34'W e altitude de 1.370 m.

Para instalação do experimento utilizou-se o rejeito da mineração de quartzito oriundo das áreas de exploração localizada no município de Diamantina (MG), no qual foi retirada uma amostra para análise química e de textura do substrato. A amostra do substrato foi seca ao ar, e passada em peneira de 2,0 mm de abertura, sendo posteriormente realizada as análises química (SILVA, 2009) e de textura do substrato (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). Os

resultados da análise química foram ajustados para o todo da constituição granulométrica dos rejeitos de quartzito.

Tabela 1. Análise química e de textura do rejeito da mineração de quartzito.

pH água	P	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	MO	Cascalho/ Calhaus	Areia	Silte	Argila
	- mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----	---- % -----	-----	----- g kg ⁻¹ -----				
5,0	1,2	5,3	0,5	0,2	0,2	1,7	24	41	7,1	340,4	554,0	99,0	6,6

pH água - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich⁻¹. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkey-Black por 1,724. Cascalho/calhaus – Tamisação em peneira de 2,0 mm. Areia, silte e argila - Método da pipeta.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco combinações de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e um tratamento adicional sem adubação (Controle) (Tabela 2), com quatro repetições.

Tabela 2. Tratamentos com as combinações entre adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e suas respectivas doses NPK e de esterco de curral aplicadas em rejeito estéril da mineração de quartzito.

Tratamentos	Adubação Mineral (AM)			Adubação Orgânica (AO)
	N	P	K	Esterco de Curral
	----- mg.dm ⁻³ -----			----- g.dm ⁻³ -----
100% AM - 0% AO	150,0	140,0	150,0	0,0
75% AM - 25% AO	112,5	105,0	112,5	1,25
50% AM - 50% AO	75,0	70,0	75,0	2,5
25% AM - 75% AO	37,5	35,0	37,5	3,75
0% AM - 100% AO	0,0	0,0	0,0	5,0
Controle	0,0	0,0	0,0	0,0

As doses que corresponderam a 150 mg de N por dm³ de rejeito, e 150 mg de K por dm³ de rejeito foi recomendado segundo trabalho realizado por Venturin et al. (2005), no qual avaliou os aspectos nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish), já a dose que correspondia no trabalho de Venturin et al. (2005) a 200 mg de P por dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo, sofreu uma redução para 140 mg de P por dm³ de rejeito, por se tratar de substrato de textura muito arenosa (Tabela 2) (MACHADO et al., 2011). O N, P, e K foram aplicados na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A dose de 5 g de esterco de curral por dm³ de rejeito, proporcional à dose de 10 t ha⁻¹, foi recomendada segundo a CFSEMG (1999). As análises químicas do esterco de curral (pH = 6,8; N = 6,0; P= 1,5; K = 1,3; Ca = 0,3; Mg = 0,4; S = 0,8; B = 0,18; Cu = 0,008; Fe = 27,2; Mn = 0,13 e Zn =

0,065 g kg⁻¹; C-orgânico = 178 g kg⁻¹ e Densidade = 0,69 kg dm⁻³) foram realizados segundo metodologia descrita por Melo e Silva (2008).

A parcela experimental foi composta por um vaso plástico de 5 dm³ onde foram colocados 3 dm³ de rejeito de quartzito seco, que se obteve densidade uniforme de 0,93 g cm⁻³. Os vasos tiveram o fundo fechado para evitar perda de nutrientes e de água.

Na instalação do experimento foram aplicados 0,119 g por dm³ de rejeito, proporcional à dose de 0,238 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para fornecimento de Ca e Mg pelo método da saturação por bases para elevação de V para 55% (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999). Na mesma época foi realizada a adubação fosfatada e a adubação orgânica em acordo com combinações de AM e AO descritas.

O material de rejeito foi incubado por mais 30 dias, sendo a umidade do material mantida durante todo o experimento em 60% do volume total de poros (VTP), aferida diariamente através de pesagem, completando-se o peso com água deionizada. Uma semana antes do plantio das mudas foi feita a adubação básica de B (ácido bórico) e Zn (sulfato de zinco) na dose de 0,5 mg de B e 1,0 mg de Zn por dm³ de rejeito (CANTARUTTI et al., 1999).

As sementes de candeia foram coletadas em árvores matrizes selecionadas na região de Diamantina e colocadas para germinar em substrato composto por uma mistura de um terço de solo esterilizado, um terço de casca de arroz carbonizada e um terço de areia. Realizou-se a repicagem das mudas, o destorroamento e a lavagem das raízes em água destilada, sendo posteriormente transplantadas para os vasos plásticos em raiz nua.

Foram transplantadas duas mudas de candeia com quatro pares de folhas, por vaso. Após trinta dias foi feito o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. As mudas selecionadas para o experimento apresentavam altura e diâmetro médio de 0,11 m e 3,81 mm.

As sementes de lobeira foram coletadas em árvores matrizes selecionadas no campo, sendo colocadas 15 sementes para germinar diretamente nos vasos contendo o rejeito de quartzito, 30 dias após a germinação das sementes foi feito o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

As adubações potássicas e nitrogenadas em cobertura iniciaram 15 dias após o transplantio das mudas de candeia e desbaste das mudas de lobeira e foram parceladas em quatro aplicações realizadas a intervalos de 15 dias.

Após um período experimental de 120 dias foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das mudas, medida do colo até a gema apical obtida entre a superfície do substrato e a inserção do último par de folhas do ápice; diâmetro do caule medido na altura do colo. Depois

de medidos os diâmetros e as alturas, as mudas foram cortadas rente ao substrato e pesadas. O sistema radicular foi separado do substrato. Ambas, raízes e parte aérea, após a coleta, foram separadas por tratamentos e repetições, e lavadas em água destilada, acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C por 72 horas, até atingir massa constante para determinação da massa seca da parte aérea e massa seca da raiz ao final do experimento.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As características de crescimento das mudas de candeia e lobeira apresentaram influência da adubação mineral (AM) e adubação orgânica (AO) aplicada no rejeito proveniente da mineração de quartzito. As combinações não adequadas de AM e AO mostraram-se limitantes, afetando em geral o crescimento das mudas de candeia e lobeira em diâmetro do coleto, altura e produção de massa seca da parte aérea e da raiz (Tabela 3).

Em relação às variáveis avaliadas para as duas espécies, tratando primeiramente do crescimento em diâmetro do coleto, o maior valor observado pela candeia, 6,80 mm, foi proporcionado através da adubação com 50% AM - 50% AO, embora não tenha diferido estatisticamente do tratamento com 25% AM - 75% AO, com crescimento de 5,94 mm (Tabela 3). Dessa forma, pode-se inferir sobre a importância de uma combinação adequada entre as fontes NPK (AM) e esterco de curral (AO), para promover uma maior capacidade de crescimento da espécie.

Diferentemente da candeia, a lobeira apresentou maior crescimento de 5,91 mm na adubação com 25% AM - 75% AO, não diferindo estatisticamente do tratamento com 0% AM - 100% AO, apresentando crescimento de 5,08 mm (Tabela 3), apresentando maior necessidade à adubação orgânica em relação à mineral para promover crescimento inicial e maior crescimento em diâmetro do coleto desta espécie, possivelmente devido à sua predominância nos cerradões, cerrados e campos cerrados (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 1998), ambientes em que o solo possui melhor estruturação e um maior aporte de matéria orgânica e disponibilidade de micronutrientes, maior capacidade de retenção de água em relação ao ambiente de predominância da candeia, adaptada a solos naturalmente pobres, arenosos e pedregosos (RIZZINI, 1979; SCOLFORO et al., 2004).

Tabela 3. Diâmetro do caule, altura de mudas, massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e relação de MSR e MSPA de mudas de candeia e de lobeira aos 120 dias em função das combinações entre adubação mineral (NPK) e orgânica (Esterco de curral) aplicada em rejeito estéril da mineração de quartzito.

Tratamento	Candeia	Lobeira
Diâmetro do coleto (mm)		
100% AM - 0% AO	3,85 b	1,97 b
75% AM - 25% AO	4,40 b	2,17 b
50% AM - 50% AO	6,80 a	2,89 b
25% AM - 75% AO	5,94 a	5,91 a
0% AM - 100% AO	5,01 b	5,08 a
Controle	4,55 b	3,05 b
Altura das mudas (cm)		
100% AM - 0% AO	16,75 b	4,25 b
75% AM - 25% AO	21,50 b	6,63 b
50% AM - 50% AO	34,25 a	8,75 b
25% AM - 75% AO	27,60 a	20,83 a
0% AM - 100% AO	21,25 b	17,38 a
Controle	15,75 b	9,5 b
MSPA (g)		
100% AM - 0% AO	1,26 c	0,26 b
75% AM - 25% AO	2,21 c	0,31 b
50% AM - 50% AO	8,63 a	0,50 b
25% AM - 75% AO	5,16 b	1,74 a
0% AM - 100% AO	2,51 c	1,19 a
Controle	1,52 c	0,34 b
MSR (g)		
100% AM - 0% AO	0,36 c	0,04 c
75% AM - 25% AO	0,69 c	0,07 c
50% AM - 50% AO	3,72 a	0,25 b
25% AM - 75% AO	1,56 b	0,85 a
0% AM - 100% AO	0,51 c	0,38 b
Controle	0,38 c	0,12 c
Relação MSR/MSPA		
100% AM - 0% AO	0,28 a	0,19 b
75% AM - 25% AO	0,31 a	0,20 b
50% AM - 50% AO	0,43 a	0,49 a
25% AM - 75% AO	0,28 a	0,50 a
0% AM - 100% AO	0,20 a	0,30 b
Controle	0,28 a	0,33 b

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna dentro de cada variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Venturin et al. (2005), avaliando o crescimento e nutrição da candeia cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade natural, em função da adubação mineral e omissão de nutrientes em casa de vegetação, observaram que a falta de N e S afetou o crescimento em diâmetro do coleto dessa espécie, sendo que na presença desses dois nutrientes, o crescimento foi de 0,51 mm no tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg, K: 150 mg por kg de solo), enquanto que na ausência, foi de apenas 0,29 e 0,33 mm, respectivamente. O baixo valor de crescimento em diâmetro do coleto da candeia apresentado por este autor no tratamento completo quando comparado à candeia e a lobeira neste presente estudo, que apresentaram 6,80 e 5,91 mm, provavelmente deve estar relacionado à ausente complementação com a AO, que contribuiu significativamente quando combinada à AM para o desenvolvimento e crescimento dessas duas espécies.

Amaral et al. (2013) obtiveram resposta positiva à adubação mineral em mudas de jacarandá do cerrado (*Dalbergia miscolobium*) em substrato proveniente da mineração de quartzito oriundo de áreas de exploração localizadas no município de Diamantina (MG), apresentando máximo crescimento com a porcentagem de 100% AM - 0% AO, correspondente à dose de 25 mg N, 25 mg P, 20 mg K por dm^3 de rejeito, sem adição de esterco de curral, demonstrando a fundamental importância da adubação mineral NPK no crescimento inicial desta espécie em substrato resultante da mineração de quartzito. Comportamento semelhante ao da candeia que apresentou maior necessidade à AM em relação à AO para seu melhor desenvolvimento.

Resposta positiva à adubação orgânica foi obtida com a adição de $4,5 \text{ g dm}^{-3}$ de composto de resíduo orgânico de indústria de fiação e tecelagem na cova proporcionando maiores valores de incremento em diâmetro para espécies do cerrado como o vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth) e sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth) em área de empréstimo degradada por mineração de cascalho no Parque Estadual do Biribiri (PEB) no município de Diamantina-MG (MARQUES, 2012).

O diâmetro do coleto é um parâmetro de fácil mensuração, não sendo um método destrutivo, considerado por muitos pesquisadores um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (DANIEL et al., 1997; GOMES et al., 2002). Dessa maneira, pode ser um parâmetro de avaliação para escolha de espécies com potencial para o sucesso na recuperação de áreas degradadas pela mineração de quartzito. Gonçalves et al. (2000) consideram que o diâmetro do colo adequado a mudas de espécies florestais de qualidade está entre 5 e 10 mm.

Da mesma forma, com relação à altura das mudas, a espécie nativa candeia apresentou maior crescimento de 34,25 cm na adubação com 50% AM - 50% AO, embora não diferindo estatisticamente do tratamento com 25% AM - 75% AO, com crescimento de 27,60 cm. A espécie lobeira apresentou maior crescimento em altura com 20,83 cm na adubação com 25% AM - 75% AO, não diferindo do tratamento com 0% AM - 100% AO. Para os demais tratamentos houve diferenças estatisticamente significativas para o crescimento em altura das mudas para a candeia e lobeira, inclusive do tratamento controle (Tabela 3).

Souza et al. (2006), avaliaram a altura apresentada por mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo (camada 20-40 cm) de baixa fertilidade natural em casa de vegetação, encontrando o valor de 25,98 cm no tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg e K: 150 mg por kg de solo). Neste caso, a espécie apresentou um resultado de crescimento em altura semelhante ao encontrado pela lobeira e inferior ao crescimento apresentado pela candeia, 27,60 e 34,25 cm, respectivamente, nos tratamentos de maior crescimento inicial das espécies cultivadas no rejeito de quartzito.

Comparando o trabalho de Souza et al. (2006) ao presente trabalho, deve-se levar em consideração principalmente, o fato de que para o cultivo do ipê-roxo foi utilizada a camada subsuperficial do solo, que mesmo apresentando baixa fertilidade natural, é mais propícia ao desenvolvimento da espécie, por apresentar características importantes ao melhor desenvolvimento de plantas, como boa estruturação, microporosidade e conseqüentemente maior capacidade de retenção de água, proporcionando resultados satisfatórios mesmo na ausência da adubação orgânica, quando comparada à candeia e a lobeira cultivada no rejeito de quartzito, formado basicamente por areia, estéril e rejeito composto por frações grosseiras e de elevada densidade, formando material de elevada macroporosidade, baixa microporosidade e conseqüentemente baixa capacidade de retenção de água, dificultando o desenvolvimento dessas espécies. Podendo afirmar que a adequada combinação entre AM e AO favoreceram o desenvolvimento da candeia e da lobeira no rejeito proveniente da mineração de quartzito.

Venturin et al. (2000) obtiveram ótimos resultados avaliando crescimento em altura da candiúva (*Trema micranta* L. Blumes), considerada espécie pioneira de crescimento rápido (LORENZI, 2000), cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo de baixa fertilidade natural (camada 20-40 cm), em casa de vegetação, apresentando maior crescimento no tratamento completo (150 mg N, 200 mg P, 150 mg K por kg de solo) de 47,66 cm, contrariamente no tratamento com omissão de N, apresentando crescimento de apenas 5,40 cm. Dessa forma, é possível afirmar que o N pode ser considerado extremamente necessário ao crescimento em

altura para esta determinada espécie, o que segundo Malavolta (1997) é bastante provável, pelo fato de N promover estímulos ao crescimento vegetativo das plantas. Comparada às espécies do presente estudo, a candiúva apresentou crescimento superior no tratamento completo ao da candeia e lobeira, 34,25 cm nos tratamentos de maior crescimento inicial das espécies cultivadas no rejeito de quartzito. Provavelmente devido às imposições causadas pelo rejeito de quartzito, que diferentemente do Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade natural onde a candiúva foi cultivada, apresenta não apenas problemas químicos, que podem ser mais facilmente resolvidos, mas também problemas físicos, e que na maioria das situações são de difícil resolução.

A altura da parte aérea é um excelente parâmetro para se avaliar o padrão de qualidade de mudas florestais, pois, as mais altas, normalmente, apresentam maior vigor. Este parâmetro fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo. É um parâmetro de fácil determinação, além de ser um método não destrutivo (CALDEIRA et al., 2000a; 2000b; GOMES et al., 2001; CALDEIRA et al., 2008).

Gomes et al. (2002) citam que a altura da parte aérea, quando avaliada isoladamente, é um parâmetro para expressar a qualidade das mudas, contudo, recomendam que os valores devem ser analisados combinados com outros parâmetros tais como: diâmetro do coleto, peso, relação massa das raízes/massa da parte aérea.

Cabe ressaltar que altura das mudas quando plantadas no campo devem ter de 30 a 35 cm (SAIDELLES, 2009) e de 20 a 35 cm (GONÇALVES et al., 2000), valor que se enquadra ao encontrado para a candeia, com 34,25 cm, e um pouco superior ao maior crescimento encontrado para a lobeira, de 27,60 cm, o que possivelmente as tornam espécies com crescimento inicial adequado quando cultivada em rejeito de quartzito a campo.

Tratando-se da massa seca da parte aérea (MSPA), a espécie candeia apresentou maior crescimento de 8,63 g na adubação com 50% AM - 50% AO, já a espécie lobeira apresentando maior crescimento de 1,74 g na adubação com 25% AM - 75% AO, bastante inferior em relação à candeia, não havendo diferença estatisticamente significativa do tratamento com 0% AM - 100% de AO, com 1,19 g. Para os demais tratamentos houve diferenças estatisticamente significativas para o crescimento das mudas em MSPA para as duas espécies nativas, ambas inclusive diferindo do tratamento controle (Tabela 3).

Respostas positivas à adubação mineral foram encontradas estudando mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo em casa de vegetação, observando 9,62 g no tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg, K: 150 mg por kg de solo) (SOUZA et al., 2006). O resultado apresentado pelo ipê-roxo é superior ao

encontrado neste trabalho avaliando a candeia e bastante superior ao apresentado pela lobeira, com 8,63 e 1,74 g, nos tratamentos com 50% AM - 50% AO e 25% AM - 75% AO, respectivamente, demonstrando a imensa dificuldade da lobeira em desenvolver a sua parte aérea quando cultivada no rejeito de quartzito, o que pode ser explicado ao avaliar o crescimento das raízes dessa espécie, que também não apresentou resultados satisfatórios.

Venturin et al. (2005) avaliando a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish), em tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg e K: 150 mg por kg de solo), com o respectivo valor de crescimento em MSPA de 5,56 g, apresentando menor crescimento em MSPA que a candeia do presente estudo, apesar de ter sido feita uma adubação NPK mais elevada, o que possivelmente deve estar relacionado à ausência de uma combinação adequada entre AM e AO a que a candeia foi submetida.

Em outro estudo, avaliando o crescimento inicial e nutrição do cedro (*Cedrela fissilis* VELL.), espécie pertencente ao grupo das secundárias iniciais a secundárias tardias (LORENZI, 2000), recomendada na recuperação de áreas degradadas (DURIGAN et al., 2002), em um Latossolo Vermelho de textura média (EMBRAPA, 2006), foi determinado que o aumento das doses de N, promoveram um maior acúmulo de todos os nutrientes em função do maior incremento da produção de matéria seca da parte aérea (FREIBERGER et al., 2013), provavelmente pelo fato do N estimular o crescimento vegetativo das plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Ainda, segundo Maffei et al. (2000), em casos de baixo suprimento de N, normalmente há redução na produção e tamanho de folhas, proporcionando assim, uma menor produção em MSPA.

Levando-se em consideração a massa seca das raízes (MSR), a candeia apresentou maior crescimento de 3,72 g na adubação com 50% AM - 50% AO. Diferentemente, a espécie lobeira apresentou maior crescimento através da adubação com 25% AM - 75% AO com 0,85 g, ambas se diferenciando do controle. Para os demais tratamentos houve diferenças estatisticamente significativas para o crescimento em MSR das mudas de candeia e lobeira (Tabela 3).

Souza et al. (2006), apresentaram crescimento em MSR de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) no tratamento completo de 24,58 g (N: 150 mg, P: 200 mg, K: 150 mg por kg de solo). Resultados bastante superiores aos encontrados para a candeia e lobeira, 3,72 g no tratamento com 50% AM - 50% AO e 0,85 g no tratamento com 25% AM - 75% AO, respectivamente. No entanto, ressalta-se que o rejeito de quartzito pode ter se tornado um grande empecilho físico para as duas espécies, tornando comprometido o desenvolvimento e crescimento das suas raízes.

Gonçalves et al. (2008), avaliando o crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes em três classes de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo álico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, observou para este parâmetro os melhores resultados de crescimento na aplicação de 150, 100 e 200 mg dm⁻³ N, com os respectivos valores de 3,60; 9,92; 11,51 g de MSR. Para o fósforo (P), 450, 150, 300 mg dm⁻³, com os respectivos valores de 3,30; 10,07 e 10,20 g de MSR. Para o K, 50, 200, 100 mg dm⁻³, com os respectivos valores de 3,90; 11,99 e 10,20 g MSR. Assim, demonstrando a necessidade da adubação NPK para cada classe de solo para promover o maior crescimento em MSR desta espécie.

A massa seca das raízes tem sido reconhecida como uma das melhores e mais importantes variáveis para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo, destacando que a sobrevivência é maior quanto mais abundante for o sistema radicular, havendo uma pequena correlação com a altura da parte aérea (GOMES; PAIVA, 2006).

Em termos de alteração na partição de massa seca entre raízes e parte aérea (relação MSR/MSPA), diante das mudanças de disponibilidade dos nutrientes em função das combinações de adubação, observou-se que a candeia apresentou maior relação na combinação de 50% AM - 50% AO, apresentando relação de 0,43 entre raízes e parte aérea. Para a lobeira, houve maior relação na combinação de 25% AM - 75% AO, apresentando 0,50, valor considerado por vários autores ideal para produção de mudas a serem levadas a campo. Para os demais tratamentos houve igualdade estatística para a partição de matéria seca, entre raízes e parte aérea das mudas para as duas espécies (Tabela 3).

A relação MSR/MSPA em mudas de angico amarelo foi de 0,53 (150 mg N; 120 mg P; 75 mg K por kg de solo) (VENTURIN et al., 1999), enquanto que em mudas de jatobá foi de 0,60 (150 mg/kg de N; 120 mg/kg de P; 75 mg/kg de K dm⁻³ de solo) (DUBOC et al. 1996), ambos no tratamento completo. Para Souza et al. (2006), também utilizando tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg, K: 150 mg por kg de solo), encontrou relação de 2,69 para o ipê-roxo. Neste último trabalho, o elevado valor de MSR/MSPA pode estar relacionado à baixa fertilidade natural apresentada pelo solo utilizado, sendo uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes nessas condições adversas (CLARKSON, 1985; SOUZA et al., 2006).

Segundo Venturin (2005), com relação à alteração na partição de massa seca, entre raízes e parte aérea (MSR/MSPA), diante das mudanças de disponibilidade dos nutrientes no solo, através de estudos avaliando o crescimento da candeia, observou-se que a espécie teve

relação no tratamento completo (N: 150 mg, P: 200 mg e K: 150 mg por kg de solo) e na omissão de N de 0,42 e 0,47; respectivamente. O maior valor em MSR na ausência de N, pode ser explicado por Maffei et al. (2000), onde casos de baixo suprimento de N, normalmente há redução na produção e tamanho de folhas, proporcionando assim, uma menor produção em MSPA, e conseqüentemente o aumento na relação MSR/MSPA.

Daniel et al. (1997) registraram em mudas de *Acacia Mangium* valor de 0,45 na relação MSR/MSPA pela aplicação de 260 mg de P. Resultados semelhantes aos maiores crescimentos foram apresentados pela candeia e lobeira neste estudo, com 0,43 e 0,50, nos tratamentos com 50% AM - 50% AO e 25% AM - 75% AO, respectivamente. Diversos autores consideram como valores ideais para a produção de mudas a ser levada a campo, uma relação com valores entre 0,45 e 0,50.

CONCLUSÕES

Os maiores crescimentos em diâmetro do caule, altura de mudas, produção de massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e relação MSR/MSPA para a candeia ocorreram na dose com 50% AM - 50% AO (75 mg dm⁻³ de N, 70 mg dm⁻³ de P, 75 mg dm⁻³ de K, 2,5 g dm⁻³ de esterco de curral). Para a lobeira, os maiores crescimentos para os mesmos parâmetros, na dose com 25% AM - 75% AO (37,5 mg de N, 35 mg de P, 37,5 mg de K e 3,75 g de esterco de curral).

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado. A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela infraestrutura necessária para execução desse trabalho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.332-335.
- ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

- AMARAL, C. S.; SILVA, E. B.; PEREIRA, I. M.; NARDIS, B. O.; GONÇALVES, N. H. Crescimento de *Dalbergia miscolobium* em substrato de rejeito da mineração de quartzito fertilizado. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 179-187, 2013.
- BACCI, D. L. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.59, n.1, p.47-54, 2006.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, H. L. M. ; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, Curitiba, v.28, n. 1/2, p.19-30, 2000a.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.161-170, 2000b.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H. E.; OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G. e ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.332-341.
- CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Adubação Orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.87-92.
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...**, Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVISI, A. A. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* (WILL). **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- DUBOC, E.; VENTORIM, N.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Cerne**, Lavras v.2 n.1, p-1-12, 1996.
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2.ed. São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 65p.
- ELIAS, S.R.M. *et al.* Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 2006. 412p.
- FEITOSA, S.S.; DAVIDE, A.C.; TONETTI, O.A.O.; FABRICANTE, J.R.; LUI, J.J. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC). McLeish, por meio de testes de germinação e raio X. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39. n.2, p.393-399, 2008.
- FREIBERGER, M.B. *et al.* Crescimento Inicial e Nutrição de Cedro (*Cedrela fissilis* VELL.) em Função de Doses de Nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.3, p.385-392, 2013.

- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. Viçosa, 2001. 126p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006. 116p.
- GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v.2, 352 p.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 373p.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.70-76, 2011.
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.87-98, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARQUES, I. C.. **Uso de composto orgânico e espécies do cerrado na revegetação de área remanescente da extração de cascalho em Diamantina - MG**. 2012. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. 2012.
- MARTINS, K.; CHAVES, L. J.; BUSO, G. S. C.; KAGEYAMA, P. Y. Mating system and fine-scale spatial genetic structure of *Solanum lycocarpum* St.Hil. (Solanaceae) in the Brazilian Cerrado. **Conservation Genetics**, Springer, v.7. p.957-969, 2006.
- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.3, p.556-561, 2008.
- MENEZES, N. L., GIULIETTI, A.M. Campos rupestres. In: MENDONÇA, M.P.; LINS, L.V. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 2000. p.65-73.

- OLIVEIRA, Fabiola Ferreira. **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil**. Brasília: 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blucher, 1979. 296p.
- RIZZINI, C.T. A flora do cerrado - análise florística das savanas centrais. In: FERRI, M.G. (Ed.) **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: USP/Edgaard Blücher, 1963. p.125-177.
- ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.53-60, 2007.
- SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M . V. W.; SCHIRMER, W. M.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n.1, p.1173-1186, 2009.
- SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R.; JÚNIOR, F. W. A. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10 n.1, p.87-102, 2004.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica no Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.319-355.
- SILVA, A.C.; ROSADO, S. C. S.; CALEGARIO, N.; RODRIGUES, E. A. C.; OLIVEIRA, A. N.; VIEIRA, C. T. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, v.31. n.4, p.609-617, 2007.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, 2006.
- SOUZA, P.A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.261-270, 2006.
- VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.441-448, 1999.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Avaliação nutricional de candiúva (*Trema micranta* L. Blumes) em casa de vegetação. **Revista Floresta**, Curitiba, v.29. n.1/2, p.15-26, 2000.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Revista Floresta**, Curitiba, v.35, n.2. p.211-219, 2005.

VIDAL, M. C., STACCIARINI-SERAPHIN, E. & CÂMARA, H. H. L. L. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.13. n.3, p.271-274, 1999.

WILLIAMSON, J. C.; ROWE, E. C.; HILL, P. W.; NASON, M. A.; JONES, D. L.; HEALEY, J. R. Alleviation of both water and nutrient limitations is necessary to accelerate ecological restoration of waste rock tips. **Restoration Ecology**, Malden, v.19, n.2, p.194-204, 2011.

YUAN, Y. J. G.; FANG, W.; FAN, L.; CHEN, Y.; WANG, D. Q.; YANG, Z. Y. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. **Restoration Ecology**, Malden, v.14, n.3, p.349-356, 2006.

ARTIGO CIENTÍFICO II

FAIXA ADEQUADA DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE QUARTZITO APÓS ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NO CRESCIMENTO INICIAL DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS

RESUMO

O declínio da mineração de diamantes na região de Diamantina (MG), proporcionada pela interrupção nas descobertas e o gradativo esgotamento das minas em operação está levando à procura por novas alternativas de exploração, dentre as quais, se destaca a exploração de maciços de quartzito. Com o objetivo de determinar a dose recomendada ao crescimento inicial e a faixa adequada de atributos químicos de rejeito de mineração de quartzito após adubação mineral e orgânica da candeia (*Eremanthus erythropappus* DC. McLeish) e lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.), conduziu-se um experimento em casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com cinco combinações de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e um tratamento adicional do rejeito sem AM e AO (Controle), com quatro repetições. As combinações consistiram de 100% AM - 0% AO; 75% AM - 25% AO; 50% AM - 50% AO; 25% AM - 75% AO; 0% AM - 100% AO, sendo as doses de 150 mg de N, 140 mg de P, 150 mg de K e 5 g de esterco de curral por dm³ de rejeito de quartzito correspondentes a 100% AM e 100% AO, e as demais doses foram proporcionais às combinações dos tratamentos. Foram determinadas as doses recomendadas para o crescimento inicial (90% produção máxima da massa seca da parte aérea) da candeia, com 66,5 mg de N; 62,0 mg de P, 66,5 mg de K e 2,8 g de esterco de curral por dm³ de rejeito. A dose recomendada para o crescimento inicial da lobeira, é de 55,5 mg de N; 51,8 mg de P, 55,5 mg K e 2,3 g de esterco de curral por dm³ de rejeito. Foram obtidas as faixas adequadas dos atributos químicos de rejeito de mineração de quartzito para as espécies arbóreas nativas candeia e lobeira.

Palavras-chave: espécie nativa, áreas degradadas, fertilidade do solo.

ABSTRACT

APPROPRIATE RANGE OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF MINING REJECT AFTER MINERAL AND ORGANIC FERTILIZER IN INITIAL GROWTH OF TWO NATIVE SPECIES

The decline in diamond mining in the Diamantina (MG) region, provided by switching on the findings and the gradual exhaustion of operating mines is leading the search for new alternatives for exploration, among which stands out the exploration of massive quartzite. With the objective to determine the recommended dose for initial growth and appropriate range of chemical attributes of reject mining quartzite after mineral and organic fertilization of the candeia (*Eremanthus erythropappus* DC. McLeish) and lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.), conducted an experiment in a greenhouse in a completely randomized design (DIC), with five combinations of mineral fertilizer (AM) and organic (AO) and an additional treatment of the reject without AM and AO (Control), with four replications. Combinations consisted of 100% MF - 0% OF; 75% MF - 25% OF; 50% MF - 50% OF; 25% MF - 75% OF; 0% MF - 100% OF, with doses of 150 mg of N, 140 mg of P, 150 mg of K and 5 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite corresponding to 100% MF and 100% OF, and the remaining doses were proportional to the combinations of treatments. We determined the the recommended doses for the initial growth (90% maximum production mass weight of shoot) of the candeia were 66,5 mg of N; 62,0 mg of P, 66,5 mg of K and 2,8 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite. For lobeira, the recommended doses were 55,5 mg of N; 51,8 mg of P, 55,5 mg of K and 2,3 g of bovine manure for dm³ of reject quartzite. The appropriate range of chemical attributes of reject quartzite mining for the two native species were defined.

Key words: native species, degraded areas, soil fertility.

INTRODUÇÃO

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002). No entanto, o que se tem visto, são as várias formas de extração mineral, promovendo degradação em grande intensidade e consequentemente drásticas alterações nos ecossistemas.

Em Diamantina (MG) e entorno, após décadas de exploração acelerada de diamantes, o declínio e consequente interrupção nas descobertas de novas jazidas e a queda gradativa das minas em operação tem ocasionado uma busca maior por outras fontes minerais, dentre as quais se destaca a exploração de maciços de quartzito, encontrados em abundância na região, resultando ainda na geração e disposição irregular de um grande volume de resíduos que descaracterizam a paisagem local, da composição e estrutura do solo, devido à formação de um ambiente bastante inóspito ao desenvolvimento de plantas (YUAN et al., 2006; WILLIAMSON et al., 2011), além da extinção de espécies endêmicas como consequência dessa forte interferência antrópica (MENEZES e GIULETTI, 2000).

O processo de exploração mineral em lavra a céu aberto envolve dentre outros fatores de degradação a retirada da vegetação e do horizonte superficial do solo, acarretando a exposição de materiais com baixa estruturação e susceptíveis a promover a dispersão de argila (DIAS, 1988; DIAS et al., 2007). Esse tipo de substrato é constituído basicamente por estéril e rejeito composto por frações grosseiras e de elevada densidade, formando material de elevada macroporosidade, baixa microporosidade e capacidade de retenção de água, assim como observado em processos como o de beneficiamento de ouro em Paracatu (MG) (SILVA et al., 2004), de rejeito de lavagem de bauxita em Porto Trombetas (PA) (REIS, 2006), de mineração de carvão em Siderópolis (SC) (COSTA e ZOCHE, 2009), de rejeito de mineração de Fe em Mariana (MG) (SILVA et al., 2006), mineração de caulim em Brás Pires/MG (ARAÚJO et al., 2005), e neste presente estudo com mineração de quartzito na região de Diamantina (MG), formando ambientes totalmente inóspitos ao desenvolvimento de plantas.

Tratando-se da recuperação de áreas degradadas, as espécies nativas apresentam grande importância no processo de restauração uma vez que estas são de ocorrência natural e pelo fato das espécies nativas serem naturalmente adaptadas às regiões onde ocorrem sendo

muito importante para o equilíbrio ambiental, pois existem complexas relações dos demais seres vivos com tais espécies.

Dentre as espécies autóctones que podem ser indicadas para compor os plantios em áreas degradadas destaca-se a espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish (SCOLFORO et al., 2002; SILVA et al., 2007; FEITOSA et al., 2008), conhecida popularmente como candeia, espécie arbórea da família Asteraceae, pertencente ao grupo ecológico das pioneiras, considerada uma árvore de hábitat especial, pois em áreas nativas é encontrada em altitudes em torno de 1.000 m, em solos pobres, das classes dos Cambissolos e Neossolos Litólicos, com afloramento de rochas, podendo ser utilizada para recuperação de áreas degradadas com solos expostos através do rápido recobrimento da cobertura vegetal, agregando matéria orgânica e melhorando a sua estrutura (FEITOSA et al., 2008). Além de ocorrer naturalmente em solos pobres, arenosos e pedregosos (RIZZINI, 1979), típicos da região de Diamantina (MG), justificando seu uso em plantios para fins de recuperação ambiental.

A espécie *Solanum lycocarpum* St.-Hil., conhecida popularmente como lobeira ou fruta-do-lobo (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2003) pertence a família Solanaceae, é uma espécie arbórea típica do cerrado brasileiro (RIZZINI, 1963; ROESLER et al., 2007), indicada para recuperação de áreas degradadas devido à sua rápida germinação, alta taxa de emergência de plântulas (VIDAL et al., 1999), além de possuir um rápido crescimento, tem sido considerada uma espécie oportunista e colonizadora (MARTINS, 2006), aliando alta sobrevivência com excepcionais crescimentos em altura e em diâmetro e comportando-se como pioneira, sendo adequadas para plantios com fins de crescimento rápido e facilidade da sucessão ecológica nos estágios iniciais, podendo ser empregadas para colonizar áreas degradadas (OLIVEIRA, 2006).

A modificação do ambiente pela lobeira pode ser avaliada dentre outros fatores, em termos de estrutura do solo, conteúdo de nutrientes e matéria orgânica, pois são variáveis que podem impedir ou facilitar o estabelecimento de espécies. São plantas que ao longo de sua evolução se estabeleceram em ambientes com pouca disponibilidade de água, desenvolvendo adaptações tanto anatômicas quanto fisiológicas, que ao serem integradas, resultaram no sucesso adaptativo às condições desfavoráveis que um ambiente degradado pode oferecer, típicas de ambientes de mineração (ELIAS, 2003).

Apesar das dificuldades de estabelecimento das espécies, proporcionadas pelo rejeito de mineração de quartzito, composto por um substrato totalmente inerte, caracterizado por

frações grosseiras (cascalho/calhaus), pelo baixo valor de pH, proporcionando uma elevada acidez, o que em termos nutricionais, dificulta o desenvolvimento de plantas.

Outro grave problema refere-se ao baixo teor de MO, afetando os processos de formação e estabilização dos agregados do solo, atividade biológica e ciclagem de nutrientes (ROSCOE et al., 2006), tornando necessária a utilização da adubação orgânica, no caso do presente trabalho, a utilização do esterco de curral foi extremamente importante para aumentar a capacidade de retenção de água na região da rizosfera e sua consequente absorção pelas plantas. Por último, e não menos importante, o baixo valor de CTC, determinando uma baixa retenção de cátions básicos no complexo de troca e, conseqüentemente, problemas nutricionais para as plantas.

O objetivo do trabalho foi determinar a dose recomendada ao crescimento inicial da candeia e da lobeira, além de determinar a faixa adequada dos atributos químicos do rejeito de mineração de quartzito após influência da adubação mineral e orgânica para as duas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, Brasil, situado nas coordenadas 18°12'S; 43°34'W e altitude de 1.370 m.

Para instalação do experimento utilizou-se o rejeito da mineração de quartzito oriundo das áreas de exploração localizada no município de Diamantina (MG), no qual foi retirada uma amostra para análise química e de textura do substrato. A amostra do substrato foi seca ao ar, e passada em peneira de 2,0 mm de abertura, sendo posteriormente realizada as análises química (SILVA, 2009) e de textura do substrato (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). Os resultados da análise química foram ajustados para o todo da constituição granulométrica dos rejeitos de quartzito.

Tabela 1. Análise química e de textura do rejeito da mineração de quartzito.

pH _{água}	P	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	MO	Cascalho/ Calhaus	Areia	Silte	Argila
	- mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----			----	---- % ----	-----	----- g kg ⁻¹ -----				
5,0	1,2	5,3	0,5	0,2	0,2	1,7	24	41	7,1	340,4	554,0	99,0	6,6

pH_{água} - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich⁻¹. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO - Matéria orgânica determinado através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkey-Black por 1,724. Cascalho/calhaus - Tamisação em peneira de 2,0 mm. Areia, silte e argila - Método da pipeta.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco combinações de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e um tratamento adicional sem adubação (Controle) (Tabela 2), com quatro repetições.

Tabela 2. Tratamentos com as combinações entre adubação mineral (AM) e orgânica (AO) e suas respectivas doses NPK e de esterco de curral aplicadas em rejeito estéril da mineração de quartzito.

Tratamentos	Adubação Mineral (AM)			Adubação Orgânica (AO)
	N	P	K	Esterco de Curral
	----- mg.dm ⁻³ -----			----- g.dm ⁻³ -----
100% AM - 0% AO	150,0	140,0	150,0	0,0
75% AM - 25% AO	112,5	105,0	112,5	1,25
50% AM - 50% AO	75,0	70,0	75,0	2,5
25% AM - 75% AO	37,5	35,0	37,5	3,75
0% AM - 100% AO	0,0	0,0	0,0	5,0
Controle	0,0	0,0	0,0	0,0

As doses que corresponderam a 150 mg de N por dm³ de rejeito, e 150 mg de K por dm³ de rejeito foi recomendado segundo trabalho realizado por Venturin et al. (2005), no qual avaliou os aspectos nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish), já a dose que correspondia no trabalho de Venturin et al. (2005) a 200 mg de P por dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo, sofreu uma redução para 140 mg de P por dm³ de rejeito, por se tratar de substrato de textura muito arenosa (Tabela 2) (MACHADO et al., 2011). O N, P, e K foram aplicados na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A dose de 5 g de esterco de curral por dm³ de rejeito, proporcional à dose de 10 t ha⁻¹, foi recomendada segundo a CFSEMG (1999). As análises químicas do esterco de curral (pH = 6,8; N = 6,0; P = 1,5; K = 1,3; Ca = 0,3; Mg = 0,4; S = 0,8; B = 0,18; Cu = 0,008; Fe = 27,2; Mn = 0,13 e Zn = 0,065 g kg⁻¹; C-orgânico = 178 g kg⁻¹ e Densidade = 0,69 kg dm⁻³) foram realizados segundo metodologia descrita por Melo e Silva (2008).

A parcela experimental foi composta por um vaso plástico de 5 dm³ onde foram colocados 3 dm³ de rejeito de quartzito seco, que se obteve densidade uniforme de 0,93 g cm⁻³. Os vasos tiveram o fundo fechado para evitar perda de nutrientes e de água.

Na instalação do experimento foram aplicados 0,119 g por dm³ de rejeito, proporcional à dose de 0,238 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para fornecimento de Ca e Mg pelo método da saturação por bases para elevação de V para 55% (ALVAREZ V. e RIBEIRO,

1999). Na mesma época foi realizada a adubação fosfatada e a adubação orgânica em acordo com combinações de AM e AO descritas.

O material de rejeito foi incubado por mais 30 dias, sendo a umidade do material mantida durante todo o experimento em 60% do volume total de poros (VTP), aferida diariamente através de pesagem, completando-se o peso com água deionizada. Uma semana antes do plantio das mudas foi feita a adubação básica de B (ácido bórico) e Zn (sulfato de zinco) na dose de 0,5 mg de B e 1,0 mg de Zn por dm^3 de rejeito (CANTARUTTI et al., 1999).

As sementes de candeia foram coletadas em árvores matrizes selecionadas na região de Diamantina e colocadas para germinar em substrato composto por uma mistura de um terço de solo esterilizado, um terço de casca de arroz carbonizada e um terço de areia. Realizou-se a repicagem das mudas, o destorroamento e a lavagem das raízes em água destilada, sendo posteriormente transplantadas para os vasos plásticos em raiz nua.

Foram transplantadas duas mudas de candeia com quatro pares de folhas, por vaso. Após trinta dias foi feito o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. As mudas selecionadas para o experimento apresentavam altura e diâmetro médio de 0,11 m e 3,81 mm.

As sementes de lobeira foram coletadas em árvores matrizes selecionadas no campo, sendo colocadas 15 sementes para germinar diretamente nos vasos contendo o rejeito de quartzito, 30 dias após a germinação das sementes foi feito o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

As adubações potássicas e nitrogenadas em cobertura iniciaram 15 dias após o transplantio das mudas de candeia e desbaste das mudas de lobeira e foram parceladas em quatro aplicações realizadas a intervalos de 15 dias.

Após um período experimental de 120 dias foi avaliado a massa seca da parte aérea (MSPA) da candeia e da lobeira. A análise química do rejeito foi realizada após a retirada das mudas das duas espécies, que foram: pH em água; P e K extraídos pelo Mehlich⁻¹; Ca, Mg e Al pelo KCl 1mol L⁻¹; acidez potencial (H + Al) pelo acetato de cálcio e matéria orgânica pelo método Walkey-Black (EMBRAPA, 1997; SILVA, 2009). Os resultados da análise química foram ajustados para o todo da constituição granulométrica dos rejeitos de quartzito de cada parcela experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as porcentagens de AM foram submetidas a estudo de regressão e a média do controle foi comparada com os demais tratamentos pelo teste F. A partir da equação obtida, estimaram-se a porcentagem de AM e AO para 90 e 100% da máxima produção de MSPA das duas espécies.

A faixa adequada dos atributos químicos do rejeito de quartzito foi estimada substituindo-se porcentagem de AM para 90 e 100% da máxima produção de MSPA das duas espécies nas equações que relacionam as combinações de AM e AO com os atributos químicos do rejeito de quartzito.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As características de crescimento em massa seca da parte aérea (MSPA) da candeia e da lobeira apresentaram influência da adubação mineral (AM) e orgânica (AO) aplicada no rejeito da mineração de quartzito. Através da análise do tratamento controle (sem AM e AO), pode-se inferir que o resultado apresentado foi inferior à das demais combinações quanto à variável MSPA (Figura 1), demonstrando a grande importância de uma combinação adequada entre AM e AO para o melhor crescimento inicial das duas espécies.

As combinações não adequadas de AM e AO mostraram-se limitantes, afetando em geral o crescimento inicial das mudas das duas espécies em produção de MSPA. Para a candeia, a máxima produção de MSPA, foi obtida com a combinação de 44,3% de adubação mineral (AM), referente a 66,5 mg de N; 62,0 mg de P e 66,5 mg de K por dm^3 de rejeito e 55,7% de adubação orgânica (AO), referente a 2,8 g de esterco de curral por dm^3 de rejeito, em relação aos demais tratamentos e ao controle. O que evidencia o efeito positivo da combinação adequada entre a AO e AM. A dose recomendada considerando 90% da produção máxima de MSPA da candeia é dada por 37% de AM referente a 55,5 mg de N; 51,8 mg de P e 55,5 mg de K por dm^3 de rejeito e 46,5% de adubação orgânica (AO), referente a 2,3 g de esterco de curral por dm^3 de rejeito (Figura 1a).

O maior crescimento da lobeira, foi obtido na combinação de 18,8% de adubação mineral (AM), referente a 28,2 mg de N; 26,3 mg de P e 28,2 mg de K por dm^3 de rejeito e 81,2% de adubação orgânica (AO), referente a 4,1 g de esterco de curral por dm^3 de rejeito, em relação aos demais tratamentos e ao controle, demonstrando o efeito positivo da adubação orgânica em relação a mineral. A dose recomendada considerando 90% do crescimento máximo da parte aérea da lobeira é dada por 9,98% de AM referente a 15,0 mg de N; 14,0 mg de P e 15,0 mg de K por dm^3 de rejeito e 43,0% de adubação orgânica (AO), referente a 2,2 g de esterco de curral por dm^3 de rejeito (Figura 1b).

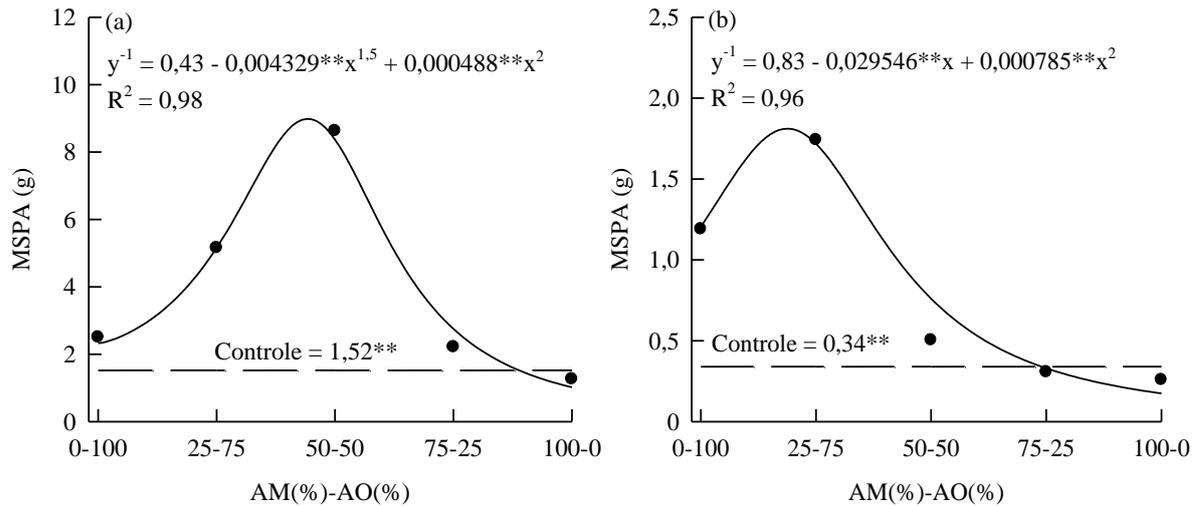


Figura 1. Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) em função da porcentagem de adubação mineral (AM) e orgânica (AO) aplicada em rejeito da mineração de quartzito em mudas de candeia (a) e lobeira (b). (** significativo a 1% pelo teste de F).

Gonçalves et al. (2008), avaliando o crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) em casa de vegetação sob diferentes doses de macronutrientes em três classes de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo álico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, observaram que a dose recomendada de NPK para promover 90% do crescimento em MSPA desta espécie é de 102; 200 e 200 mg N dm⁻³, de 600; 150; 279,35 mg P dm⁻³ e 50; 50; 50 mg K dm⁻³, para as três respectivas classes de solo. Evidenciando que a candeia e a lobeira são mais eficientes que o angico-vermelho, uma vez que mesmo em condições de substrato mais pobre, necessitou de uma menor dosagem de NPK para promover o seu crescimento inicial.

Segundo Souza et al. (2006), avaliando a MSPA apresentada por mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) em Latossolo Vermelho Amarelo em casa de vegetação, observando as máximas produções em MSPA na omissão de K e no tratamento completo (150 mg N, 200 mg P, 150 mg K por kg solo), demonstrando que esta espécie não apresenta necessidade à adubação potássica. Diferentemente, a candeia e a lobeira neste presente estudo, apresentou máxima produção em MSPA na adubação com 66,5 mg de N, 62,0 mg de P, 66,5 mg de K e 2,8 g de esterco de curral para a candeia, já para a lobeira na adubação com 28,2 mg de N, 26,3 mg de P, 28,2 mg de K e 4,1 g de esterco de curral, apresentando necessidade à adubação potássica, e menor necessidade que o ipê-roxo à adubação nitrogenada e fosfatada, contando ainda com a adubação orgânica (esterco de curral), ausente na adubação do ipê-roxo.

Saidelles (2009), avaliando a produção de mudas de tamboril-da-mata (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) e garapeira (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em viveiro florestal através do uso da casca de arroz carbonizada (CAC), verificou que há

aumento no crescimento à medida que aumenta a adição de CAC no solo, com ponto de máximo atingindo a mistura, sendo de 50% de CAC para o tamboril-da-mata. No que se refere à produção de mudas de garapeira, não há necessidade da adição de CAC ao solo para que seja proporcionado maior crescimento em MSPA. Na comparação com a candeia, o ponto de máxima produção de MSPA foi obtido na combinação de 44,3% AM - 55,7% AO, enquanto que para a lobeira, observado com a combinação de 18,8% AM - 81,2% AO, demonstrando a importância de uma combinada adubação para o melhor desenvolvimento dessas duas espécies.

Em outro estudo, avaliando o crescimento inicial e nutrição do cedro (*Cedrela fissilis* VELL.), em um Latossolo Vermelho de textura média, foi determinado que o aumento das doses de N, promoveram um maior acúmulo de todos os nutrientes em função do maior incremento da produção de massa seca da parte aérea (FREIBERGER et al., 2013), provavelmente pelo fato de o N estimular o crescimento vegetativo das plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Ainda, segundo Maffei et al. (2000), em casos de baixo suprimento de N, normalmente há redução na produção e tamanho de folhas, proporcionando assim, uma menor produção em MSPA.

Avaliando as duas espécies presentes neste estudo, ambas apresentaram necessidade à uma adequada combinação entre AM e AO, apesar da candeia apresentar uma produção máxima em MSPA bem superior à lobeira (Figura 1), o que segundo Maffei et al. (2000) é bem provável devido ao fato da lobeira apresentar maior necessidade à adubação orgânica (28,2 mg de N, 26,3 mg de P, 28,2 mg de K e 4,1 g de esterco de curral), baixo suprimento de N se comparada à candeia (66,5 mg de N, 62,0 mg de P, 66,5 mg de K e 2,8 g de esterco de curral), que apresentou um suprimento muito maior de N, e conseqüentemente maior produção e tamanho de folhas, proporcionando-lhe maior desenvolvimento da sua parte aérea.

Venturin (2000) avaliando a nutrição da candiúva (*Trema micranta* L. Blumes) em casa de vegetação, verificou o maior crescimento em MSPA da espécie no tratamento completo (150 mg N, 200 mg P, 150 mg K por kg de solo) com 10,92 g/vaso. Para a candeia, o maior crescimento em MSPA foi encontrado na adubação com 66,5 mg de N, 62,0 mg de P, 66,5 mg de K e 2,8 g de esterco de curral, ultrapassando as 8 g em máxima produção da MSPA (Figura 1a), enquanto que para a lobeira na adubação com 28,2 mg de N, 26,3 mg de P, 28,2 mg de K e 4,1 g de esterco de curral, apresentando valor pouco superior a 1,5 g em máxima produção da MSPA (Figura 1b), bem inferior à candiúva, e a candeia, que obtiveram a máxima produção em MSPA semelhantes.

Em outro trabalho, Caldeira et al. (2008) avaliando a espécie aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) adubada com composto orgânico, obtiveram o melhor resultado em crescimento em MSPA no tratamento com 100% do substrato do viveiro (50% de terra de subsolo + 30% de esterco bovino + 20% de casca de arroz carbonizada), com 31,2 g/planta.

A determinação dos atributos químicos do substrato é bastante relevante, pelo fato de ser parâmetro de referência para o manejo adequado das plantas, dando subsídio para recuperação de áreas degradadas, além disso, deve-se levar em consideração a importância desses estudos na adoção de metodologias para programas de reflorestamento com utilização de espécies florestais nativas. Através de uma avaliação do substrato foram obtidas as faixas adequadas dos atributos químicos do rejeito de mineração de quartzito (90 - 100% de produção de MSPA) para as espécies nativas candeia e lobeira na área degradada pela extração de quartzito em função da AM e AO (Tabelas 3 e 4).

Após a influência da AM e AO no rejeito de mineração de quartzito, o substrato ao qual a candeia foi transplantada apresentou um pH que encontra-se abaixo de 4,5, sendo considerado pH muito baixo e de acidez muito elevada, enquanto que a lobeira, entre muito baixo a baixo, variando de acidez muito elevada a elevada, segundo classificação química e agrônômica para as duas espécies, respectivamente (ALVAREZ et al. 1999), sendo um pH que restringe o crescimento de plantas, mas promoveu o crescimento inicial adequado das espécies nativas, não diferindo do controle (Tabela 4). A capacidade das espécies estudadas em alterar o pH na região rizosférica é de extrema importância no cultivo destas em substrato oriundo da mineração de quartzito, pois espécies que apresentam esse comportamento são capazes de tolerar elevada acidez (DIAS, 1998; COSTA e ZOCHE, 2009).

Houve significativo aumento do teor de P no rejeito após a AM e AO, possibilitando obter a faixa adequada para melhor crescimento inicial da candeia e lobeira, ambas diferindo do controle (Tabela 4). A capacidade tampão de P do solo possui grande influência na eficiência de extração do P disponível pelo extrator Mehlich⁻¹, sendo utilizado para interpretação características do solo que se correlacionam com esta propriedade, como teor de argila e P remanescente (NOVAIS e SMYTH, 1999; OLIVEIRA et al., 2000).

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas para os atributos químicos (\hat{y}) do rejeito da mineração de quartzito em função da porcentagem de adubação mineral (AM) (x), após a colheita das mudas de candeia e lobeira aos 120 dias do transplântio ou desbaste.

Atributo químico	Equação de Regressão	R ²
Candeia		
pH em água ^{1/}	$\hat{y} = 4,12 + 0,000091**x^2$	0,85
P ^{2/} (mg dm ⁻³)	$\hat{y}^{-1} = 0,04 - 0,000347**x$	0,99
K ^{2/} (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 6,85 + 0,016993**x^2$	0,92
Ca ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 0,45 + 0,000114**x^2$	0,98
Mg ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y}^{-1} = 3,48 - 0,0187**x^{1,5} + 0,00187**x^2$	0,85
Al ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = \bar{y} = 0,16$	-
H + Al ^{4/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = \bar{y} = 0,97$	-
CTC ^{5/} efetiva (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 0,82 + 0,0164**x$	0,94
CTC ^{5/} a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 1,63 + 0,0164**x$	0,94
m ^{6/} (%)	$\hat{y} = \bar{y} = 11,24$	-
V ^{7/} (%)	$\hat{y} = 43,96 + 0,2802**x$	0,93
MO ^{8/} (dag.kg ⁻¹)	$\hat{y} = \bar{y} = 0,90$	-
Lobeira		
pH em água ^{1/}	$\hat{y}^{-1} = 0,21 + 0,0033**x^{0,5}$	0,92
P ^{2/} (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 15,06 + 1,0445**x$	0,95
K ^{2/} (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 39,59 + 1,8652**x$	0,96
Ca ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 0,83 + 0,0124**x$	0,90
Mg ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 0,49 + 0,0028**x$	0,96
Al ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = \bar{y} = 0,13$	-
H + Al ^{4/} (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = \bar{y} = 0,95$	-
CTC ^{5/} efetiva (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 1,55 + 0,0144**x$	0,90
CTC ^{5/} a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 2,47 + 0,0143**x$	0,89
m ^{6/} (%)	$\hat{y} = \bar{y} = 6,08$	-
V ^{7/} (%)	$\hat{y} = 57,88 + 0,1647**x$	0,88
MO ^{8/} (%)	$\hat{y} = \bar{y} = 1,03$	-

^{1/}Relação solo-água 1:2,5. ^{2/}Extrator Mehlich⁻¹. ^{3/}Extrator KCl 1 mol L⁻¹. ^{4/}Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. ^{5/}Capacidade de troca de cátions. ^{6/}Saturação de alumínio. ^{7/}Saturação por bases. ^{8/}Matéria orgânica determinada através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método *Walkey-Black* por 1,724. ^{10/}Valor médio da AM. ^{11/}* Diferença do controle da média dos tratamentos de AM e AO pelo teste F a 5%.

De acordo com as classes de interpretação da disponibilidade de fósforo extraído pelo extrator Mehlich⁻¹, conforme o teor de argila, de acordo com o Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e as Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, o rejeito de quartzito utilizado no experimento foi classificado como textura arenosa com teor de argila nos rejeitos (≤ 200 ; ≤ 150 g kg⁻¹, respectivamente) (SBCS, 2004).

Tabela 4. Classificação dos atributos químicos do rejeito da mineração de quartzito em função da porcentagem de adubação mineral (AM) (x) e, faixas adequadas para atingir 90 - 100% da produção máxima de massa seca da parte aérea (90 - 100% MSPA) e no controle, após a colheita das mudas de candeia e lobeira aos 120 dias do transplântio ou desbate.

Atributo químico	Faixa adequada (90-100% MSPA) ^{9/}	5ª Aproximação ^{11/}	Classificação ^{11/}	Controle ^{12/}
Candeia				
pH em água ^{1/}	4,24 - 4,30	< 4,5	Muito baixo	4,58
P ^{2/} (mg dm ⁻³)	36,82 - 40,60	30,1 - 45,0	Bom	1,78*
K ^{2/} (mg dm ⁻³)	30,11 - 40,20	(16 - 40) - (41 - 70)	Baixo a médio	4,28*
Ca ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,61 - 0,67	0,41 - 1,20	Baixa	0,07*
Mg ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,55 - 0,61	0,46 - 0,90	Média	0,23*
Al ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,16 ^{10/}	≤ 0,2	Muito baixo	0,20
H + Al ^{4/} (cmol _c dm ⁻³)	0,97 ^{10/}	≤ 1,0	Muito baixo	1,02
CTC ^{5/} efetiva (cmol _c dm ⁻³)	1,43 - 1,55	0,81 - 2,30	Baixa	0,51*
CTC ^{5/} a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	2,24 - 2,36	1,61 - 4,30	Baixa	1,33*
m ^{6/} (%)	11,24 ^{10/}	≤ 15	Muito baixo	39,22*
V ^{7/} (%)	54,33 - 56,37	40,1 - 60,0	Médio	23,31*
MO ^{8/} (dag.kg ⁻¹)	0,90 ^{10/}	0,71 - 2,0	Baixo	0,84
Lobeira				
pH em água ^{1/}	4,46 - 4,54	(< 4,5) - (4,5 - 5,0)	Muito baixo a baixo	5,20
P ^{2/} (mg dm ⁻³)	25,48 - 34,72	(20,1 - 30,0) - (30,1 - 45)	Médio a bom	2,79*
K ^{2/} (mg dm ⁻³)	58,20 - 74,69	71 - 120	Médio a bom	5,31*
Ca ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,95 - 1,06	0,41 - 1,20	Baixa	0,21*
Mg ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,44 - 0,46	(0,16 - 0,45) - (0,46 - 0,90)	Baixa a média	0,08*
Al ^{3/} (cmol _c dm ⁻³)	0,13 ^{10/}	≤ 0,2	Muito baixo	0,19
H + Al ^{4/} (cmol _c dm ⁻³)	0,95 ^{10/}	≤ 1,0	Muito baixo	1,05
CTC ^{5/} efetiva (cmol _c dm ⁻³)	1,69 - 1,82	0,81 - 2,30	Baixa	0,49*
CTC ^{5/} a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	2,61 - 2,74	1,61 - 4,30	Baixa	1,25*
m ^{6/} (%)	6,08 ^{10/}	≤ 15	Muito baixo	39,22*
V ^{7/} (%)	59,62 - 60,98	(40,1 - 60,0) - (60,1 - 80,0)	Médio a alto	24,43*
MO ^{8/} (dag.kg ⁻¹)	1,03 ^{10/}	0,71 - 2,0	Baixo	0,95

**significativo a 1% pelo teste de t. ^{1/}Relação solo-água 1:2,5. ^{2/}Extrator Mehlich¹. ^{3/}Extrator KCl 1 mol L⁻¹. ^{4/}Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. ^{5/}Capacidade de troca de cátions. ^{6/}Saturação de alumínio. ^{7/}Saturação por bases. ^{8/} Matéria orgânica determinada através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método *Walkey-Black* por 1,724. ^{9/}Faixa adequada correspondente a aplicação de 37,0 e 44,3%; 46,5 e 55,7% para a candeia; 18,8 e 81,2%; 9,98 e 43% para a lobeira de adubação mineral (AM) e adubação orgânica (AO), respectivamente. ^{10/}Valor médio da AM. ^{11/} Alvarez et al. (1999). ^{12/}* Diferença do controle da média dos tratamentos de AM e AO pelo teste F a 5%.

Baseado na classificação da textura dos rejeitos, a faixa adequada de P após influência da AM e AO foi considerada alta para a candeia e alta para a lobeira (21,1 - 42,0 mg dm⁻³) para Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Enquanto que para Minas Gerais, teor considerado bom para a candeia, enquanto que, para a lobeira apresentando variação entre médio a bom (SBCS, 2004; ALVAREZ et al., 1999) (Tabela 4).

Analisando os teores de Ca e Mg trocável, tanto para a candeia quanto para a lobeira, observou-se um aumento significativo no teor após aplicação da AM e AO, diferindo do controle. Ainda assim, a faixa adequada de Ca, obteve classificação baixa e do Mg média para a candeia. Para a lobeira o Ca obteve também classificação baixa e o Mg de baixa a média, segundo interpretação proposta por Alvarez et al. (1999) (Tabela 4). Dessa forma, torna-se necessária a aplicação de calcário dolomítico para fornecimento desses macronutrientes para melhorar as condições químicas do rejeito.

Segundo interpretação proposta por Raij et al. (1997), para o Estado de São Paulo, o teor de Ca e Mg, considerados médios para a candeia ($0,4 - 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e ($0,5 - 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), respectivamente. Para a lobeira, o teor de Ca e Mg considerados alto ($> 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e entre baixo e médio ($0,0 - 0,4$) - ($0,5 - 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), respectivamente.

Silva et al. (2004), em estudos sobre análises químicas de rejeito de mineração de ouro foram encontrados teores de Ca ($1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e Mg ($0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) sendo necessária a aplicação de Ca e Mg através da prática da calagem, proporcionando uma maior disponibilidade de nutrientes, considerados teores médios, com suas respectivas faixas ($1,21 - 2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e ($0,46 - 0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), segundo interpretação proposta por Alvarez et al. (1999), e teores considerados alto ($> 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e médio ($0,5 - 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), respectivamente, segundo interpretação proposta por Raij et al., (1997). Valores que comparados ao presente trabalho, se assemelham aos teores valores encontrados para o Ca na lobeira (médio) e Mg na candeia (alto) segundo Raij et al. (1997).

Após a aplicação da AM e AO, o teor de K aumentou significativamente no solo, ainda assim, a faixa adequada para o melhor crescimento da candeia enquadrado na faixa de teor baixo a médio. Para a lobeira, variando entre teor médio a bom (ALVAREZ et al., 1999) (Tabela 4). Para o Estado de São Paulo, teor considerado de muito baixo ($0,0 - 27,3 \text{ mg dm}^{-3}$) a baixo ($31,2 - 58,5 \text{ mg dm}^{-3}$) para a candeia, enquanto que para a lobeira teor baixo a médio ($62,4 - 117,0 \text{ mg dm}^{-3}$), respectivamente (RAIJ et al., 1997).

De acordo com as classes de interpretação da disponibilidade de K extraído pelo Mehlich⁻¹, conforme classe de CTC a pH 7,0, de acordo com o Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o rejeito de quartzito utilizado no experimento se encontra na classe de CTC a pH 7,0 menor ou igual a $5,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo a faixa adequada de K após influência da AM e AO considerada de baixa a média ($16 - 30 \text{ mg dm}^{-3}$) - ($31 - 45 \text{ mg dm}^{-3}$) para a candeia e alta ($46 - 90 \text{ mg dm}^{-3}$) para a lobeira (SBCS, 2004).

Não houve ajuste de equação para a acidez trocável (Al^{3+}) e potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) sendo calculada apenas uma média da AM e AO, não diferindo do controle. Tanto o valor médio de acidez trocável quanto potencial para a candeia e lobeira foram considerados muito baixos, respectivamente, segundo a interpretação de Alvarez et al. (1999) (Tabela 4), refletindo características próprias do rejeito de quartzito. Estes resultados eram esperados devido ao baixo valor de acidez trocável (Al^{3+}) presente no rejeito, e pelo fato da acidez potencial referir-se ao total de H^+ em ligação covalente, mais o Al^{3+} , ou seja, a soma da acidez não-trocável e trocável (SILVA et al., 2008).

Como para acidez trocável, não houve ajuste de equação para saturação de alumínio (m%), sendo calculada apenas uma média da AM e AO, tanto para a candeia como para a lobeira se enquadrando no valor muito baixo (ALVAREZ et al., 1999), diferindo do controle (Tabela 4).

A CTC efetiva e a pH 7,0 aumentou significativamente após aplicação da AM e AO no rejeito de quartzito cultivada com as duas espécies nativas, ambas diferindo do controle. Segundo a classificação proposta por Alvarez et al. (1999), as faixas adequadas obtidas para o crescimento inicial da candeia e da lobeira, se enquadram no valor baixo tanto para CTC efetiva quanto para CTC a pH 7,0 (Tabela 4). A elevação da capacidade de troca de cátions refletiu pelo aumento das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) proporcionada pela AM e AO.

O aumento das bases trocáveis refletiu no aumento dos valores de saturação por bases (V), sendo a faixa adequada para melhor crescimento inicial da candeia considerado médio, enquanto que para a lobeira, variando entre médio e bom segundo interpretação proposta por Alvarez et al. (1999) (Tabela 4). Segundo interpretação de Raij (1997) para o Estado de São Paulo, a saturação por bases foi considerada média (51 - 70 %) para as duas espécies.

Enquanto que no trabalho de Souza (2006) avaliando o crescimento e a qualidade na produção de mudas de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) em resposta à calagem, determinou que os valores de saturação por bases que proporcionariam os melhores resultados para a produção de mudas de pau-jacaré tanto no Argissolo Vermelho-Amarelo quanto no Latossolo distrófico deveriam ser próximos a 50% (médio) e em Latossolo Álico próximos a 40% (baixo). Para o bico-de-pato este valor deve ser de 60% (médio) no Argissolo Vermelho-Amarelo, 70% (bom) no Latossolo Distrófico e 40% (baixo) no Latossolo Álico. Para o fedegoso, valores próximos a 70% (bom) no Argissolo Vermelho-Amarelo e no Latossolo Distrófico e em Latossolo Álico a saturação por

bases deve ser elevada para 65% (bom), segundo interpretação proposta por Alvarez et al., (1999).

Não houve ajuste de equação para a matéria orgânica (MO), sendo apenas calculada uma média da AM e AO para as duas espécies nativas, ambas não diferindo do controle. O valor médio encontrado tanto para a candeia quanto para a lobeira segundo interpretação proposta por Alvarez et al. (1999), foram classificados como baixo teor de MO (0,71 - 2,0 dag kg⁻¹) (Tabela 4). Para o Estado de São Paulo, o teor de matéria orgânica possui maior utilidade para se tiver ideia na textura do solo, sendo que para valores até 15 dag kg⁻¹ são considerados solos arenosos, onde se enquadra e é bastante característico ao substrato de rejeito de quartzito, composto basicamente por areia, cascalho e calhaus, com baixo teor de MO (RAIJ et al., 1997).

Este valor médio de MO encontrado para o substrato em questão cultivado com candeia e lobeira, 0,90 e 1,03 dag kg⁻¹, respectivamente, é considerado superior aos encontrados por Costa e Zoche (2009) em duas áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina, com médias de 0,68 e 0,62 dag kg⁻¹, considerados muito baixos segundo interpretação proposta por Alvarez et al. (1999). Também estes valores foram superiores a 0,5 dag kg⁻¹ (muito baixo) (SILVA et al., 2004) em áreas de mineração de ouro, 0,32 dag kg⁻¹ (muito baixo) em áreas de mineração de bauxita sob diferentes fitofisionomias, idades e condições de reabilitação (MELLONI et al., 2006) e com teor inferior a 1,37 dag kg⁻¹ (FAVARETTO et al., 2000) em áreas de mineração de xisto, apesar de se enquadrar também no teor baixo.

Resposta positiva à adubação orgânica com a utilização de aguapé e bagaço de cana secos, encontrada por Calgaro et al. (2008), avaliando o teor de MO em substrato (Latossolo Vermelho distrófico degradado) com utilização do barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*) e recuperação de subsolo degradado, sendo possível inferir a importante contribuição dos resíduos utilizados para elevar o teor desta no solo. A baixa capacidade de retenção de água e de íons constitui importante limitação à capacidade produtiva dos solos.

O manejo adequado deve prever o enriquecimento e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser conseguido com a aplicação de resíduos orgânicos e com a prática da adubação (PEREIRA et al., 1992; COLODRO e ESPINDOLA, 2006), que neste presente trabalho foi feita através da combinação adequada entre a AM e AO, contribuindo significativamente no crescimento inicial e desenvolvimento das duas espécies, melhorando a estrutura do solo e a capacidade das plantas na absorção dos nutrientes e manutenção da umidade proporcionada pelo esterco de curral.

Dentre as duas espécies, a lobeira apresentou maior necessidade à AO, provavelmente relacionado à sua predominância nos cerradões, cerrados e campos cerrados (ALMEIDA et al., 1998; LORENZI, 1998), ambientes com solos melhor estruturados, maior capacidade de retenção de água, onde há uma maior disponibilidade de MO e conseqüentemente micronutrientes, possibilitando uma maior absorção por essa espécie, em relação ao ambiente de predominância da candeia, com solos naturalmente pobres, arenosos e pedregosos (RIZZINI, 1979; SCOLFORO et al., 2004), aos quais esta espécie está adaptada.

Em solo degradado após adição de macrófitas aquáticas juntamente com cinzas obtidas através da queima do bagaço de cana-de-açúcar e produção de mudas do pau-de-tingui (*Magonia pubescens* A. St. Hill.), apresentaram resultados sugerindo que o uso de resíduos orgânicos e industriais como condicionantes de solo degradado pode promover melhoria nas características químicas do solo, promovendo aumento significativo no teor de MO, que passou de 10 g.dm⁻³ para 25,7 g.dm⁻³ após 210 dias da instalação do experimento (FONTES, 2012).

Para Igue (1984); Raij (1991) e Silva (2002), o efeito favorável da matéria orgânica nas características dos solos está relacionado à agregação das partículas e à estabilização dos agregados, o que resulta em maior porosidade, aeração e retenção de água, contribuindo ao mesmo tempo para o fornecimento de nutrientes para as plantas.

CONCLUSÕES

A dose recomendada para crescimento inicial da candeia é de 55,5 mg de N; 51,8 mg de P e 55,5 mg de K e 2,3 g de esterco de curral por dm³ de rejeito da mineração de quartzito. A dose recomendada para crescimento inicial da lobeira é de 15,0 mg de N; 14,0 mg de P e 15,0 mg de K e 2,2 g de esterco de curral por dm³ de rejeito da mineração de quartzito.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado. A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela infraestrutura necessária para execução desse trabalho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.332-335.

- ALVAREZ, V. H., et al. Interpretação dos resultados das análises do solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.30-32.
- ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.43-60.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; NETO, J. A. A. M.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.983-992, 2005.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas e aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CALGARO, H. F.; CASSIOLATO, A. M. R.; FILHO, W. V. V.; FERNANDES, F. M.; MALTONI, K. L. Resíduos orgânicos como recondicionante de subsolo degradado e efeitos na atividade microbiana e fertilidade em cultivo de barbatimão. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1069-1079, 2008.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H. E.; OLIVEIRA, F. T. T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G. e ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.332-341.
- CFSEMG. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Adubação Orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.87-92.
- COLODRO, G.; ESPINDOLA, C. R. Alterações na fertilidade de um latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto. **Acta Scientiarum Agronomy**. n.28, p.1-5, 2006.
- COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p.665-674, 2009.
- DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V.(Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1988. 252p.
- DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de área degradada**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.27-44.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.957-963.
- ELIAS, S. R. M.; ASSIS, R. M.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; REZENDE, M. H. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

- FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Relatório Preparado para o CGEE. p.3, 2002.
- FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.289-297, 2000.
- FEITOSA, S.S.; DAVIDE, A.C.; TONETTI, O.A.O.; FABRICANTE, J.R.; LUI, J.J. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC). McLeish, por meio de testes de germinação e raio X. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n.2, p.393-399, 2008.
- FONTES, Rosimeire Proni Maioli. **Avaliação de Micorrização em *Magonia pubescens* A. St. Hill. com adição de resíduos orgânico e industrial como condicionantes de solo degradado**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira-SP. 2012.
- FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALLETI, G.; FERNANDES D. M.; CORRÊA, J. C. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* VELL.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.3, p.385-392, 2013.
- GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: Fundação Cargill. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.232-267.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v.2, 352 p.
- MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.70-76, 2011.
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.87-98, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTINS, K.; CHAVES, L. J.; BUSO, G. S. C.; KAGEYAMA, P. Y. Mating system and fine-scale spatial genetic structure of *Solanum lycocarpum* St.Hil. (Solanaceae) in the Brazilian Cerrado. **Conservation Genetics**, Springer, v.7, p.57-969, 2006.
- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v.31, n.3, p.556-561, 2008.
- MELLONI, R.; MOREIRA, F. M. S.; NOBREGA, R. S. A.; SIQUEIRA, J. O. Eficiência e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas que nodulam caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em solos de mineração de bauxita em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.235-246, 2006.
- MENEZES, N.L., GIULIETTI, A.M. Campos rupestres. In: MENDONÇA, M.P.; LINS, L.V. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Fundação Zoobotânica de Belo Horizonte, 2000. p.65-73.

- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, UFV, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NEVES, J. C. L. Comparisons of phosphorus availability between anion Exchange resin and Mehlich-1 extractions among Oxisols with different capacity factors. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.31, n.5-6, p.615-630, 2000.
- OLIVEIRA, Fabiola Ferreira. **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil**. Brasília: UnB. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- OLIVEIRA-JUNIOR, E. N.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D.; SANTOS, J. Z. L. Análise nutricional da fruta-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.846-851, 2003.
- PEREIRA, J. et al. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Fundação Cargill, 1992. p. 140.
- RAIJ, B. Van, et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 285 p. (Boletim Técnico, 100), 1997.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres- Potafos, 1991. 343p.
- REIS, Luciano Lopes. **Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas (PA)**. 2006. 175f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. 2006.
- RIZZINI, C.T. A flora do cerrado - análise florística das savanas centrais. In: FERRI, M.G. (Ed.) **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: USP/Edgaard Blücher, 1963. p.125-177.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blücher, 1979. 296p.
- ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.53-60, 2007.
- ROSCOE, R.; BOADEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa, 2006. p.17-42.
- SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. M.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Seminário: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 30, suplemento 1, p.1173-1186, 2009.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; DAVIDE, A. C.; MELLO, J. M. de; ACERBI JUNIOR, F. W. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R.; JÚNIOR, F. W. A. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10 n.1, p.87-102, 2004.

- SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; VIEIRA, C. T.; CARVALHO, D. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.3, p.271-277, 2007.
- SILVA, C. D.; COSTA, L. M.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Agriambi**, Campina Grande, v.6, p.487-491, 2002.
- SILVA, E. B.; SILVA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FARNEZI, M. M. M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H. A. O. HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.2007-2013, 2008.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- SILVA, G. P.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M.; BARROS, N. F. Caracterização química, física e mineralógica de estéreis e rejeito da mineração de ferro da mina de alegria, Mariana-MG. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36. n.1, p.45-52, 2006.
- SILVA, S. R.; PROCÓPIO, S. O.; QUEIROZ, T. F. N.; DIAS, L. E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.189-196, 2004.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – NÚCLEO REGIONAL SUL. Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- SOUZA, P.H. **Crescimento e Qualidade de Mudanças de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) em resposta à calagem**. Viçosa: UFV. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Revista Floresta**, Curitiba, v.35, n.2. p.211-219, 2005.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Avaliação nutricional de candiúva (*Trema micranta* L. Blumes) em casa de vegetação. **Revista Floresta**, Curitiba, v.29. n.1/2, p.15-26, 2000.
- VIDAL, M. C., STACCIARINI-SERAPHIN, E. & CÂMARA, H. H. L. L. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botânica Brasileira**, Belo Horizonte, v.13. n.3, p.271-274, 1999.
- WILLIAMSON, J. C.; ROWE, E. C.; HILL, P. W.; NASON, M. A.; JONES, D. L.; HEALEY, J. R. Alleviation of both water and nutrient limitations is necessary to accelerate ecological restoration of waste rock tips. **Restoration ecology**, Malden, v.19, n.2, p.194-204, 2011.
- YUAN, Y.J.G.; FANG, W.; FAN, L.; CHEN, Y.; WANG, D.Q.; YANG, Z.Y. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. **Restoration Ecology**, Malden, v.14, n.3, p.349-356, 2006.

CONCLUSÃO GERAL

Na fase de crescimento das mudas verificou-se a necessidade de uma combinação adequada entre a AM e AO para garantir o crescimento inicial da candeia e da lobeira em áreas degradadas pela mineração de quartzito.

As características de crescimento das mudas de candeia e lobeira e os atributos químicos do solo sofreram influência da adubação mineral (AM) e adubação orgânica (AO) aplicada no rejeito proveniente da mineração de quartzito.

O trabalho em questão é de suma importância levando em consideração que para se obter sucesso em programas que visem a restauração e aumento da capacidade de resiliência de áreas degradadas, neste caso pela mineração de quartzito, é necessário que hajam maiores pesquisas com utilização de diferentes espécies com potencial para utilização nesses programas, bem como avaliar o comportamento dessas espécies em condições de campo.