

Caracterização química e granulométrica de rejeitos da mineração de quartzito no município de Diamantina-MG, Brasil

Chemical and granulometric characterization of tailings from quartzite mining in the city of Diamantina-MG, Brazil

Cristiany Silva AMARAL [1](#); Enilson de Barros SILVA [2](#); Israel Marinho PEREIRA [3](#); Bárbara Olinda NARDIS [4](#); Evander Alves FERREIRA [5](#); Gustavo Antônio Mendes PEREIRA [6](#); Patrícia LAGE [7](#)

Recibido: 16/12/16 • Aprobado: 22/01/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Material e Métodos](#)
- [3. Resultado e Discussão](#)
- [Agradecimentos](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

A exploração de maciços de quartzitos na região de Diamantina-MG tem proporcionado impacto que são agravados na medida em que os depósitos estéreis de rejeito de quartzito não são revegetados. O objetivo deste trabalho foi caracterizar rejeitos estéreis provenientes de áreas de mineração de quartzito no município de Diamantina-MG e entorno desta cidade por meio da avaliação química e granulométrica para subsidiar futuras estratégias de recuperação dessas áreas degradadas. Amostras de rejeito foram coletadas na camada superficial (0-0,20 m). Foram analisados os atributos químicos (pH, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, matéria orgânica) e granulométrico (cascalho/calhaus, areia, silte e argila). Por apresentarem características bastante distintas entre si devido à diversidade nos teores dos elementos encontrados nas diversas amostras, observou-se como consequência, elevado coeficiente de variação para a maioria dos atributos avaliados, exceto os dados de pH do solo, o que indica

ABSTRACT:

The exploitation of massive quartzites in Diamantina region has provided a visual impact that is compounded in that the vast majority of sterile reject deposits of quartzite is not revegetated. The objective of this study was to characterize the sterile reject from the extraction areas of quartzite in the country of Diamantina, state Minas Gerais and around, Brazil, through the assessment of particle size and chemical to support future strategies for rehabilitation these areas degraded. Reject samples were collected in the surface layer (0-0.20 m). The chemistry attributes (pH, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, organic matter) and granulometric (gravel/pebbles, sandy, silt and clay) were analysed. Because they present characteristics quite distinct from each other due to the diversity of the levels of elements found in several samples of sterile reject of quartzite, was observed as a consequence, high variation coefficient for the majority of attributes evaluated, except the soil pH data, which indicates a high

alta heterogeneidade dos substratos. As amostras analisadas apresentaram baixos teores de matéria orgânica, P, K, Ca e Mg e alta acidez. Os rejeitos apresentaram granulometria que dificultam o crescimento do sistema radicular de plantas, o que indica sérias restrições ao estabelecimento de espécies vegetais. Como os dados dessa pesquisa são possíveis traçar estratégias de ações em relação à correção da acidez do solo, adubação e manejo da matéria orgânica nessas áreas degradadas na região de Diamantina-MG e seu entorno.

Palavras-chave: áreas degradadas, fertilidade do solo, impacto ambiental. Chemical and granulometric characterization of the rejects mining quartzite in the city of Diamantina-MG, Brazil

heterogeneity of the substrates. The samples showed low levels of organic matter, P, K, Ca and Mg, high acidity. The reject presented granulometric that hinder the growth of the root system of plants, which indicates serious restrictions on the establishment of plant species.

Key words: degraded areas, soil fertility, environmental impact.

1. Introdução

O declínio da mineração de diamante na região de Diamantina-MG e seu entorno, com a interrupção das descobertas e o gradativo esgotamento das minas em operação está levando a exploração de maciços de quartzitos.

Segundo Viana *et al.* (2010) este tipo de exploração tem proporcionado um impacto visual que é agravado na medida em que a grande maioria dos depósitos de rejeito estéril não são revegetados por apresentarem condições de solo inóspito á colonização de espécies e a efetivação dos processos sucessionais.

Nos trabalhos executados com o objetivo de se recuperar áreas degradadas pela mineração, por meio de processos de revegetação, é de grande importância o conhecimento das características químicas e físicas dos materiais que irão ser utilizados como substrato para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Silva *et al.*, 2006b).

Da mesma forma que a exigência de fertilização nos plantios de enriquecimento para algumas espécies é alta, a disponibilidade de recursos financeiros para a recuperação dessas áreas é escassa. Assim o uso de fertilizantes deve ser realizado de maneira eficiente, determinando qual o nutriente deverá ser fornecida a planta, a melhor época e as quantidades corretas. Dessa forma, se faz necessário uma adequada recomendação da adubação, baseada na avaliação da fertilidade do substrato com o objetivo de identificar os fatores mais limitantes ao desenvolvimento das plantas em ambiente degradado pela mineração de quartzito a partir da análise química e granulométrica do rejeito.

O levantamento da fertilidade do solo, além de permitir determinar as correções necessárias antes da implantação de qualquer cultura pode se tornar uma ferramenta importante para os programas de ações públicas e privadas ligadas ao setor produtivo, possibilitando a avaliação da fertilidade dos solos dos Estados e de suas mesorregiões e também comparações com os níveis críticos de nutrientes para as principais plantas cultivadas de cada Estado (Fixen *et al.*, 2010). Nesta situação, a análise química constitui-se num meio rápido e eficiente de se avaliar a fertilidade do solo, predizendo a probabilidade de se obter uma resposta positiva ao emprego de corretivos e fertilizantes (Ferreira *et al.*, 1990).

A avaliação das características químicas e granulométrica do rejeito estéril de quartzito provenientes das áreas mineradas da região permitirá identificar e conhecer os principais componentes do substrato que influenciam nas importantes características de recuperação dessas áreas degradadas, sendo fundamental para o sucesso da restauração. O banco de dados formado dos parâmetros que compõem a fertilidade do substrato poderá servir como ferramenta para futuras estratégias de ações que buscam a recuperação das áreas degradadas pela mineração de quartzito.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os rejeitos estéreis provenientes de áreas de mineração de quartzito no município de Diamantina-MG e seu entorno por meio da avaliação química e granulométrica para subsidiar futuras estratégias de recuperação dessas áreas

2. Material e Métodos

Os rejeitos da mineração de quartzito caracterizados neste trabalho são provenientes de Empresas sediadas no município de Diamantina-MG e seu entorno. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo CWb, ou seja, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão, apresenta uma precipitação média anual de 1.380 mm, com temperatura média normal anual variando entre 17,0 e 19,3 °C, índice pluviométrico entre 1.220 e 1.660 mm (Ayoade, 2011) e cobertura vegetal original representada pelo campo rupestre (Giulietti *et al.*, 2000).

Amostras de rejeito estéril de quartzito proveniente das áreas sob influência da mineração de quartzito, não caracterizada anteriormente, foram coletadas 15 amostras simples na camada superficial (0-0,20 m) em março de 2010, formando 27 amostras compostas de cada área de mineração de quartzito, que foram cuidadosamente homogeneizadas, seca ao ar e passada em peneira de malha de 2,0 mm, para posterior análise química.

As análises químicas do rejeito estéril de quartzito foram: pH em água; P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1 mol L⁻¹); acidez potencial (H + Al) pelo acetato de cálcio, matéria orgânica (MO) pelo método *Walkey-Black* (Silva, 2009).

Para a caracterização das frações granulométricas foram divididas em fração grosseira (partículas maiores que 2,0 mm de diâmetro) e em fração terra fina (partículas menores que 2,0 mm de diâmetro). A fração grosseira (cascalho/calhaus) foi separada por peneiramento (Embrapa, 1997). A fração terra fina (textura do solo) foi dividida em areia, silte e argila através do método da pipeta (Embrapa, 1997). Os limites para interpretação dos resultados da textura do solo foram em dag kg⁻¹ de argila: 0-15 = textura arenosa; 15-35 = textura média; 35-60 = textura argilosa e 60-100 = textura muito argilosa (Alvarez V. *et al.*, 1999). Os resultados da análise química foram ajustados para o todo da constituição granulométrica dos rejeitos estéril de quartzito de cada área de mineração.

De posse dos 27 resultados de análise química e frações granulométricas do rejeito de cada área foi determinado para cada atributo, o valor mínimo, máximo, média e mediana; com intervalo de confiança a 5 % para média e coeficiente de variação. A partir dos resultados de análise química foi realizado um estudo de distribuição de frequência. Os critérios utilizados para interpretação da fertilidade do rejeito estéril de quartzito das análises químicas seguiram os adotados pelos laboratórios integrados ao PROFERT-MG, da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Alvarez V. *et al.*, 1999) (Tab. 1).

Tabela 1. Limites de interpretação do nível de fertilidade do solo adotados pelos laboratórios integrados ao PROFERT-MG da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais

Atributo	Unidade	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Alto
Acidez ativa (pH) 1/		< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0
Textura muito argilosa	mg dm ⁻³	£ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0

Fósforo disponível (P) ^{2/}	Textura argilosa	mg dm ⁻³	£ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
	Textura média	mg dm ⁻³	£ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
	Textura arenosa	mg dm ⁻³	£ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
Potássio disponível (K ⁺) ^{2/}		cmolc dm ⁻³	£ 0,04	0,05 - 0,10	0,11 - 0,18	0,19 - 0,31	> 0,31
Cálcio trocável (Ca ²⁺) ^{3/}		cmolc dm ⁻³	£ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ²⁺) ^{3/}		cmolc dm ⁻³	£ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺) ^{3/}		cmolc dm ⁻³	£ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00	> 2,00
Acidez potencial (H + Al) ^{4/}		cmolc dm ⁻³	£ 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00	> 9,00
CTC efetiva (t) ^{5/}		cmolc dm ⁻³	£ 0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) ^{6/}		cmolc dm ⁻³	£ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por Al ³⁺ (m) ^{7/}		%	£ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0	> 75,0
Saturação por bases (V) ^{8/}		%	£ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0
Matéria orgânica (M.O.) ^{9/}		dag kg ⁻¹	£ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00

1/pH em H₂O: relação 1:2,5 (TFSA:H₂O). 2/Método Mehlich-1. 3/Método KCl 1 mol L⁻¹. 4/Método Ca(OAc)₂ 0,5mol L⁻¹ pH 7. 5/t = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Al. 6/T = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + (H + Al). 7/ m = 100 Al³⁺/t. 8/V = 100 (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺)/T. 9/Método Walkley e Black: M.O. = 1,724 x C.O. (carbono orgânico). 10/A interpretação destas características, nestas classes, deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

3. Resultado e Discussão

Os atributos do solo analisado foram similares nos valores da média e mediana (Tab. 2), isto indica que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (Cambardella *et al.*, 1994, Corá *et al.*, 2004). Um conjunto de dados tem distribuição normal quando os valores de sua média e mediana apresentam valores semelhantes (Silva *et al.*, 2003).

Tabela 2. Parâmetros estatísticos dos atributos químicos e granulométricos dos rejeitos das áreas de extração de quartzito da região de Diamantina-MG e entorno.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Intervalo de confiança	CV
					(P < 0,05)	(%)
pH em água	4,30	5,90	5,24	5,20	5,06 - 5,43	9,16
P (mg dm ⁻³)	0,17	4,03	0,97	0,76	0,67 - 1,27	81,57
K (cmolc dm ⁻³)	0,001	0,028	0,011	0,010	0,008 - 0,014	70,54
Ca (cmolc dm ⁻³)	0,11	1,50	0,59	0,44	0,45 - 0,74	64,19
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,04	0,56	0,25	0,22	0,19 - 0,30	56,28
Al (cmolc dm ⁻³)	0,03	0,73	0,17	0,13	0,11 - 0,24	99,85
H + Al (cmolc dm ⁻³)	0,33	0,99	0,71	0,73	0,63 - 0,79	28,82
t (cmolc dm ⁻³)	0,31	1,97	1,03	0,94	0,85 - 1,20	45,80
T (cmolc dm ⁻³)	0,65	2,49	1,71	1,54	1,37 - 1,75	32,04

m (%)	1,49	56,32	20,31	14,94	13,65 - 26,97	86,92
V (%)	19,48	83,90	50,94	46,48	44,73 - 57,16	32,34
M.O. (dag kg-1)	0,17	2,10	0,68	0,65	0,52 - 0,83	61,10
Cascalho/Calhaus (dag kg-1)	26,0	75,0	46,7	45,0	40,9 - 52,5	32,78
Areia (dag kg-1)	11,8	62,6	43,5	47,9	37,4 - 49,5	36,83
Silte (dag kg-1)	1,5	12,4	8,0	8,2	7,0 - 9,0	33,32
Argila (dag kg-1)	0,4	7,9	2,6	2,3	1,8 - 3,3	76,88

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 efetiva. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. MO: Matéria orgânica determinado pelo método *Walkey-Black*. Cascalho/calhaus: Tamisação em peneira de 2,0 mm. Areia, silte e argila: Método da pipeta. semelhantes (Silva *et al.*, 2003).

O maior valor de coeficiente de variação (CV) foi para Al trocável, de 99,9%, mostrando grande variação nas áreas de mineração de quartzito (Fig. 2). Com base no critério de Warrick & Nielsen (1980), as variáveis acidez potencial (H + Al), capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva (t), CTC pH 7 (T), saturação por bases (V%), fração grosseira (cascalho/calhaus) e teor de areia e silte apresentaram CV médios (28,82 a 45,80%), enquanto pH em água apresentou CV considerado baixo (9,16%) e os demais atributos com CV altos (56,28 a 99,86%). Comportamento semelhante foi encontrado na avaliação da fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão (Costa & Zocche, 2009). Devido às várias combinações a que estão sujeitos os elementos do solo e às constantes reações químicas que ocorrem na solução do solo, os atributos químicos apresentam maior variação do que os físicos e, conseqüentemente, necessitam de maior número de amostras para estimá-los dentro da mesma área (Jacob & Klutte, 1976).

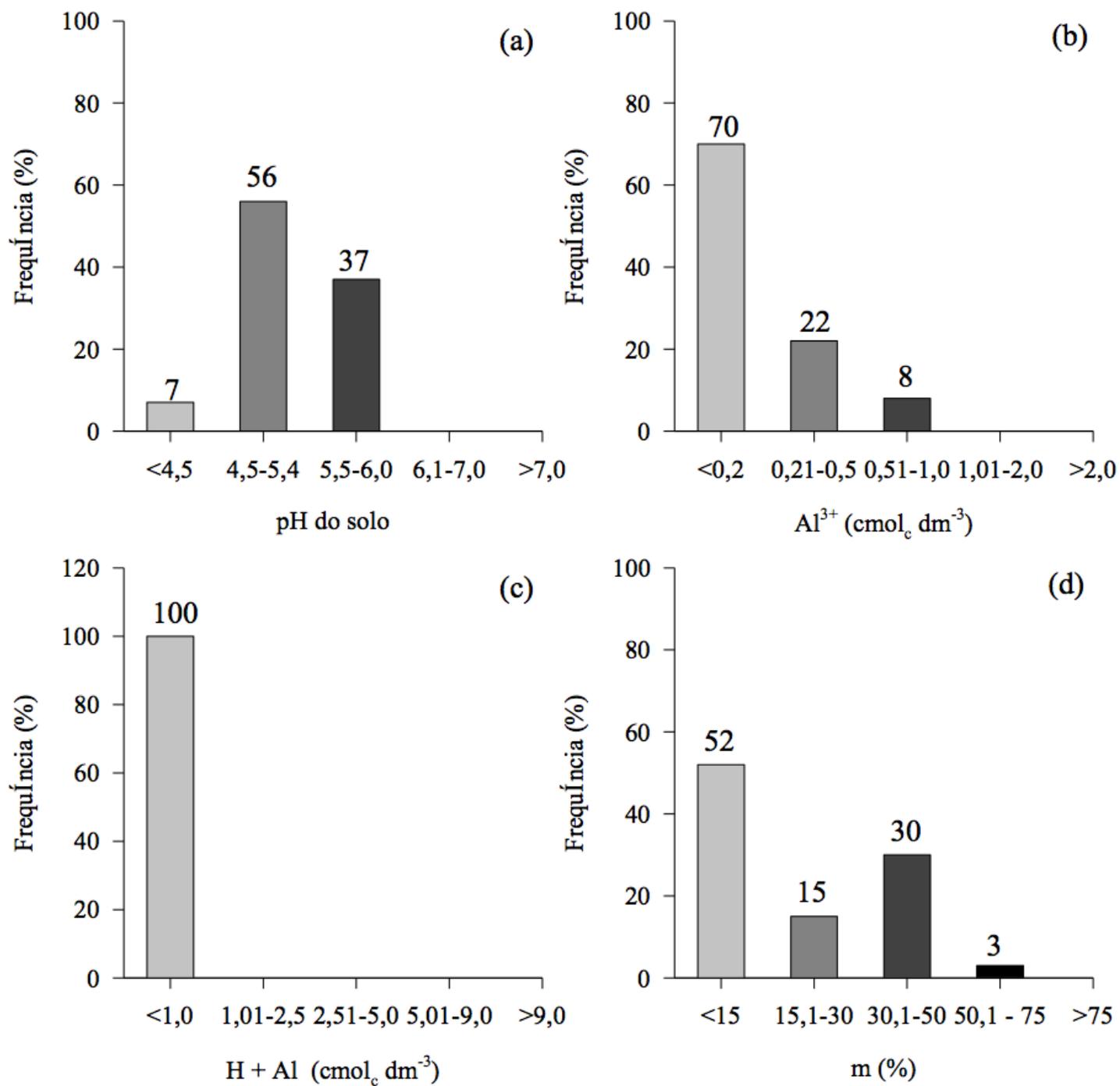


Figura 1. Distribuição de frequência dos atributos: pH do solo (a), Al trocável (b), acidez potencial (c) e saturação de alumínio (d) dos rejeitos das áreas de extração de quartzito da região de Diamantina-MG e entorno.

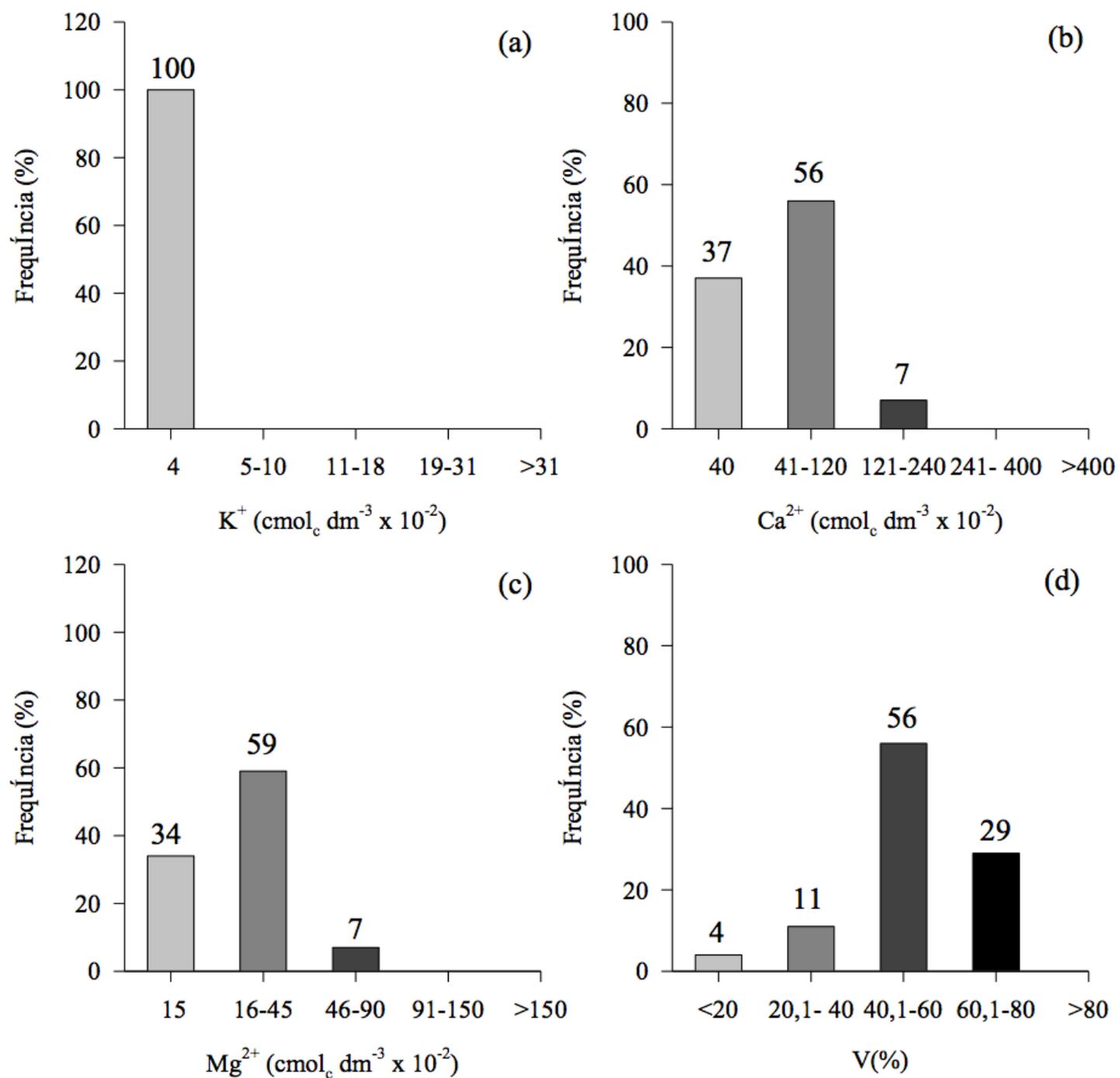


Figura 2. Distribuição de frequência dos atributos: teores de potássio (a), cálcio (b), magnésio (c) e saturação por bases (d) dos rejeitos das áreas de extração de quartzito da região de Diamantina-MG e entorno.

Os valores altos do coeficiente de variação (Tab. 2) indicam a ocorrência de locais nas áreas de mineração de quartzito com valores altos ou baixos das variáveis analisadas, o que indica alta heterogeneidade dos substratos. As concentrações de determinados elementos no solo de ecossistemas tropicais são extremamente variáveis, refletindo o material de origem ou o substrato subjacente, a topografia, a pluviosidade, a vegetação e diversos fatores do meio que interagem com o solo (Haag, 1985).

A fração grosseira (cascalho/calhaus) no substrato representa mais de 50%, em média, da fração granulométrica dos rejeitos das áreas de mineração de quartzito avaliadas (Tab. 2). A elevada presença de cascalho/calhaus nessas áreas é creditada ao beneficiamento das pedreiras que corta grandes lajotas de quartzito de interesse comercial. O material rejeitado é depositado e posteriormente sofre remobilização durante a atividade de lavra. A fração argila, característica física que classifica a textura do solo, apresenta em média de $2,6 \text{ dag kg}^{-1}$ (Tab. 2), sendo que as áreas avaliadas com classe textural arenosa (Embrapa, 1997). O menor teor de argila nos rejeitos deve-se ao material de origem de quartzito e diluição da argila durante a remobilização do material depositado.

A composição mineral de quartzito pode levar uma variação nas áreas de sua extração devido a heterogeneidade tanto na sua macroestrutura (cor, tamanho de grão, poros, textura, presença

de inclusões e as rachaduras, a natureza de fraturas, a distribuição de impurezas, etc) quanto na sua composição química e mineral (Perepelitsyn *et al.*, 1997). Em ecossistemas degradados, essas diferenças são marcantes e influenciam na tomada de decisão em programas de recuperação, e o conhecimento do solo/substrato onde se pretende realizar atividades de restauração é de fundamental importância (Fontes, 1991).

De acordo com limites de interpretação do nível de fertilidade do solo adotados pelos laboratórios integrados ao PROFERT-MG da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Alvarez V. *et al.*, 1999), observa-se que 63% dos rejeitos das áreas de mineração de quartzito amostrados apresentam acidez ativa elevada com valores de pH menor 5,4 (Fig.1a). Este valor de pH abaixo de 5,4 é considerado muito baixo a baixo segundo a interpretação de Alvarez V. *et al.* (1999), sendo pH que restringe o crescimento das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados em rejeito da mineração de ouro em que o pH em água foi em torno de 4,4; que reflete a acidez elevada deste rejeito, o que pode ser resultado da oxidação de sulfetos (Silva *et al.*, 2004). Em áreas de mineração de cassiterita ao longo de uma linha, os valores de pH que variaram de 3,7 a 4,8 compreendendo floresta, capoeira, piso de lavra, área de deposição de rejeito seco e área de deposição de rejeito arenoso, mostrou-se ácidos em todas as situações avaliadas ($< 5,0$) (Longo *et al.*, 2005).

Os baixos valores de pH dos rejeitos amostrados nas áreas mineradas de quartzito, deve-se ao fato que os solos brasileiros são ácidos pela alta ocorrência de precipitação pluviométrica e pela própria pobreza em bases do material de origem (Custódio *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2006) e, conseqüentemente a diminuição do pH, necessitando assim de adequada correção para a recuperação dessas áreas degradadas pela mineração de quartzito. Baixos valores de pH do solo, normalmente estão associados à maiores teores de alumínio trocável, podendo influenciar a baixa disponibilidade cálcio e fósforo, constituindo assim, solos de baixa fertilidade (Costa & Zocche, 2009) podendo este atributo químico apresentar estreita correlação com a distribuição da vegetação (Rodrigues *et al.*, 2007). Desse modo, a prática da calagem deve ser recomendada, antes de inserir no processo de restauração da vegetação sobre os rejeitos de quartzito.

Em termos nutricionais, para as plantas a faixa ideal de pH situa-se entre 5,6 e 6,2, pois a maioria dos nutrientes estão em forma disponível na solução do solo (Marschner, 2002). O aumento do pH do solo pode gerar diversos efeitos positivos às plantas, através da redução dos teores de Al e H+Al, e uma maior disponibilidade de nutrientes (Pires *et al.*, 2008). Porém, uma gama de espécies tolera pH na faixa de 4,2 a 5,0 (Costa & Zocche, 2009), podendo ser associado a isso o fato de que algumas bactérias podem aumentar o pH da rizosfera, com conseqüente neutralização, parcial ou total, do Al tóxico e da acidez, alterando a habilidade das plantas para absorver o P (Silva *et al.* 2011).

As áreas de mineração de quartzito apresentaram 100% das amostras analisadas dos rejeitos foram classificadas como muito baixa acidez potencial (H + Al) (Fig. 1c), o qual pode ser explicado pela alta proporção (92%) das áreas com teores de Al³⁺ trocável na faixa muito baixa a baixa, isto é, acidez trocável (Fig. 1b). Isto era esperado pelo fato da acidez potencial referir-se ao total de H+ em ligação covalente, mais o Al³⁺, ou seja, a soma da acidez não-trocável e trocável (Silva *et al.*, 2006a; Silva *et al.*, 2008). O baixo teor de Al³⁺ trocável nos rejeitos de quartzito (Fig. 1b) refletiu em maior porcentagem (82%) de áreas de mineração com valores de saturação de Al (m) na faixa de muito baixa a baixa (Fig. 1d). Esses resultados, aliados aos baixos valores de pH (Fig. 1a) e de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocável (Fig. 2a e 2b), reforçam a importância da prática da calagem, somente para elevar a disponibilidade de nutrientes para plantas no processo de recuperação das áreas degradadas pela mineração de quartzito.

Quanto as bases trocáveis dos rejeitos, todas as áreas de mineração de quartzito apresentaram menos de 0,04 cmolc dm⁻³ de K+ (Fig. 2a), que foram enquadrados na faixa de teor muito baixo (Alvarez V. *et al.*, 1999), conforme encontrado também por Silva *et al.* (2004) em áreas de mineração de ouro com teores baixos. O teor de K muito baixo nas áreas de mineração de

quartzito representa, portanto, um fator limitante para o crescimento de espécies vegetais nessas áreas mineradas, evidenciando a necessidade de adubação potássica.

Analisando-se os teores de Ca^{2+} trocável, as áreas apresentaram menos de $1,2 \text{ cmolc dm}^{-3}$ do macronutriente, os resultados para este elemento evidenciam que 93% estão abaixo deste valor (Fig. 2b), sendo considerado teores baixos nos rejeitos de quartzito. Da mesma forma, os teores de Mg^{2+} trocável nas áreas apresentaram a maior porcentagem das amostras analisadas (93%) com teores abaixo de $0,45 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (Fig. 2c). As análises químicas do rejeito de mineração de ouro foram encontrados teores superiores de Ca ($1,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e Mg ($0,7 \text{ cmolc dm}^{-3}$) (Silva *et al.*, 2004). Assim, como já foi mencionado anteriormente a aplicação de Ca e Mg através da calagem com aplicação do calcário dolomítico faz-se necessário para fornecimento destes macronutrientes para recuperação destas áreas degradadas.

Todas as áreas de mineração de quartzito apresentaram valores de 2,3 e 4,3 cmolc dm^{-3} de CTC efetiva (t) e CTC pH 7 (T), respectivamente (Figuras 3a e 3b) que enquadram em valores muito baixo a baixo (Alvarez V. *et al.*, 1999). A baixa capacidade de troca de cátions (T) refletiu a pobreza de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) nessas áreas de mineração de quartzito no município de Diamantina-MG e entorno. Também, os baixos valores de T refletem na maior porcentagem (85%) das áreas de mineração de quartzito com valores de saturação por bases (V) acima de 40%.

Os teores de matéria orgânica (MO) como eram de se esperar demonstraram que 96% das áreas amostradas (Fig. 3c) apresentaram teores muito baixos a baixos (menor que $2,0 \text{ dag kg}^{-1}$). Resultados semelhantes de teor baixo de MO foram encontrados de $0,5 \text{ dag kg}^{-1}$ (Silva *et al.*, 2004); de $0,68 \text{ dag kg}^{-1}$ (Costa & Zocche, 2009) e de $1,37 \text{ dag kg}^{-1}$ (Favaretto *et al.*, 2000) em áreas degradadas pela mineração de xisto e com teor superior ao presente trabalho de $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ em áreas de mineração de bauxita sob diferentes fitofisionomias, idades e condições de reabilitação (Melloni *et al.*, 2006). Estes teores estão relacionados com as características de textura arenosa dos rejeitos de quartzito das áreas de mineração (Fig. 2), bem como em virtude do próprio processo de extração do minério que envolve a supressão da vegetação original.

Silva *et al.* (2007) verificaram diminuição nos teores de P, K, Ca, Mg, Al, H, soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica, com a mudança da vegetação original de floresta para pastagem. Santos *et al.* (2010) constataram empobrecimento do solo com a substituição das matas nativas pelo uso agropecuário, particularmente em relação aos teores de Ca, Mg, K, Na e C.

A CTC dos solos apresenta grande correlação com seus constituintes orgânicos e minerais (Bortoluzzi *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2012; Souza Júnior *et al.*, 2007). Assim o teor de argila e de matéria orgânica são atributos com grande importância para a manutenção da fertilidade do solo (Costa & Zocche, 2009). Tais características devem ser consideradas nos programas de recuperação dessas áreas (Longo *et al.*, 2005). Neste sentido, poderão ser adotadas estratégias (Lunardi Neto *et al.*, 2008) no intuito de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo nessas áreas, seja através da aplicação de compostos orgânicos, ou pelo uso de técnicas que promovam o aumento de matéria orgânica.

A capacidade tampão de fósforo (P) do solo tem 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 & Smyth, 1999, Oliveira *et al.*, 2000).

De acordo com Alvarez V. *et al.* (1999), todas as áreas de mineração de quartzito foram classificadas como textura arenosa com teor de argila nos rejeitos abaixo de 15 dag kg^{-1} (Fig. 4a). Baseado na classificação da textura dos rejeitos das áreas de mineração de quartzito, o P foi o elemento que teve todas as áreas com teor muito baixo desse nutriente, menor ou igual a $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para textura arenosa. Resultados semelhantes foram encontrados em rejeito da

mineração de ouro com teor abaixo de $3,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (Silva *et al.*, 2004); em áreas de mineração de carvão com valores abaixo de $3,8 \text{ mg dm}^{-3}$ (Costa & Zocche, 2009) e em rejeitos da mineração de ferro em torno de $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$ (Silva *et al.*, 2006b). Desta forma, as áreas de mineração de quartzito apresentaram deficiência generalizada deste nutriente que é o mais importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal em solos tropicais (Skrebsky *et al.*, 2008). Este resultado reflete a necessidade de adubação fosfatada para o estabelecimento e manutenção de espécies potenciais para serem usadas em programas de restauração ecológica.

Os limites dos atributos do solo utilizados para análise da fertilidade dos rejeitos das áreas de mineração de quartzito são baseados em critérios agronômicos padronizados para solos agrícolas e não para áreas influenciadas pela mineração (Costa & Zocche, 2009). Apesar disto, devido aos limites específicos, os resultados de trabalhos que levem em consideração parâmetros físicos e a fertilidade de solo influenciado pela mineração são de extrema importância (Silva *et al.*, 2004). Desta forma, a interpretação utilizada para solos agrícolas do Estado de Minas Gerais (Alvarez V. *et al.*, 1999), podem-se classificar que os rejeitos das áreas de mineração de quartzito no município de Diamantina e entorno apresentam baixa fertilidade, havendo a necessidade de aplicação de corretivos e adubação mineral e elevação do teor de matéria orgânica.

Conclui-se que, os atributos químicos do rejeito da mineração de quartzito evidenciam a alta limitação ao crescimento de plantas a serem usadas para revegetação, apresentando como restrições os baixos teores de P, K, Ca, Mg, matéria orgânica e elevada acidez. Além de apresentar granulometria que dificultam o crescimento do sistema radicular de plantas, o que indica sérias restrições ao estabelecimento de espécies vegetais. Os resultados deste estudo oferecem aos responsáveis por trabalhos de restauração de áreas degradadas decorridas da atividade de exploração mineral de quartzito dados da fertilidade dos rejeitos sendo possível traçar estratégias de ações em relação à correção da acidez do solo, adubação e manejo da matéria orgânica nessas áreas degradadas na região de Diamantina-MG e entorno.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado.

Referências

- Alvarez V., V. H., Novais, R. F., Barros, N. F., Cantarutti, R. B., Lopes, A. S. (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G. & Alvarez V., V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG, p. 25⁻³².
- Ayoade, J. O. (2011). *Introdução à climatologia para os trópicos*. 4 ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 332 p.
- Bortoluzzi, E. C., Rheinheimer, D. D. S., Petry, C., Kaminski, J. (2009). Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 33(3), 507-515.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., Konopka, A. E. (1994). Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 58(5), 1501-1511.
- Cora, J. E., Araujo, A. V., Pereira, G. T., Beraldo, J. M. G. (2004). Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 28(6), 1013-1021.
- Costa, S., Zocche, J. J. (2009). Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de

- carvão na região sul de Santa Catarina. *Revista Árvore*, Viçosa, 33(4), 665-674.
- Custódio, C. C., Bomfim, D. C., Saturnino, S. M., Neto, N. B. M. (2002). Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 59(1), 145-153.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). *Manual de métodos de análise do solo*. Brasília: Produção de Informação, 212 p.
- Favaretto, N., Moraes, A., Motta, A. C. V., Prevedello, B. M. S. (2000). Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35(2), 289-297.
- Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P., Ferreira, M. E. (1990). *Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análise de solo*. Jabotical: FCAV, 94 p.
- Fixen, P. E., Bruulsema, T. W., Jensen T. L., Mikkelsen, R., Murrell, T. S., Phillips, S. B., Rund Q., Stewart, W. M. (2010). The Fertility of North American Soils. *Better Crops*, 94(4), 6-8.
- Fontes, M. P. F. (1991). Estudo Pedológico Diminui Impactos da Mineração. *Revista da CETESB de tecnologia, ambiente*, São Paulo, 5(1), 58-62.
- Freitas, F. A., Kopp, M. M., Sousa, R. O., Zimmer, P. D., Carvalho, F. I. F., Oliveira, A. C. (2006). Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistema hidropônicos. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36(1), 72-79.
- Giulietti, A. M., HARley, R. M., Queiroz, L. P., Wanderley, M. G. L., Pirani, J. R. (2000). Caracterização e endemismos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. In: Cavalcanti, T. B., Walter, B. M. T. (Ed.). *Tópicos atuais em botânica*. Brasília: SBB/CENARGEN, p. 311-318.
- Haag, H. P. (1985). *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, 162 p.
- Jacob, W. L., Klutte, A. (1976). Sampling soils for physical and chemical properties. *Soil Science Society of America, Proceedings*, Madison, 20(1), 170-178.
- Longo, R. M., Ribeiro, A. I., Melo, W. J. (2005). Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. *Bragantia*, Campinas, 64(1), 101-107.
- Marschner, H. 2002. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic, 889 p.
- MellonI, R., Moreira, F. M. S., Nobrega, R. S. A., Siqueira, J. O. (2006). 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, 30(2), 235-246.
- Neto, A. L., Albuquerque, J. A., de Almeida, J. A., Mafra, Á. L., Medeiros, J. C., Alberton, A. (2008). Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32(4), 1379-1388.
- Novais, R. F., Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV, 399 p.
- Oliveira, F. H. T., Novais, R. F., Smyth, T. J., Neves, J. C. L. (2000). 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*, Philadelphia, 31(1), 615-630.
- Perepelitsyn, V. A., Karpets, L. A., Rechneva, L. A., Khisaev, A. R. (1997). Mineral composition of the quartzites and enclosing rocks of the Karaul'naya deposit. *Refractories and Industrial Ceramics*, Rússia, 38(5-6), 27-32.
- Pires, A. A., Monnerat, P. H., Marciano, C. R., Pinho, L. D. R., Zampirolli, P. D., Rosa, R. C. C., Muniz, R. A. (2008). Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32(11),

1997-2005.

Rodrigues, L. A., Carvalho, D. A. D., Oliveira Filho, A. T. D., Curi, N. (2007). Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta Estacional Semidecidual em Luminárias, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, 33(1), 25-35.

Santos, J. T., Andrade, A. P., Silva, I. D. F., Silva, D. S., Santos, E. M., Silva, A. P. G. (2010). Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob pastejo na micro região do brejo Paraibano. *Ciência Rural*, Santa Maria, 40(12), 2486-2492.

Silva, A. C. S., Junior, A. F. C., Oliveira, L. A., Chagas, L. F. B. (2012). Ocorrência de bactérias solubilizadoras de fosfato nas raízes de plantas de importância econômica em Manaus e Rio Preto da Eva, Amazonas. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, Gurupi, 2(1), 37-42.

Silva, A. K. T., Guimarães, J. T. F., Lemos, V. P., Costa, M. L., Kern, D. C. (2012). Mineralogia e geoquímica de perfis de solo com Terra Preta Arqueológica do município de Bom Jesus do Tocantins, sudeste da Amazônia. *Acta Amazonica*, Manaus, 42(4), 477-490.

Silva, E. B., Costa, H. A. O., Farnezi, M. M. M. (2006a). Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da região do Vale do Jequitinhonha no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 30(5), 751-757.

Silva, E. B., Silva, A. C., Graziotti, P. H., Farnezi, M. M. M., Ferreira, C. A., Costa, H. A. O., Horak, I. (2008). 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, 32(5), 2007-2013.

Silva, F. C. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2 ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 627 p.

Silva, G. P., Fontes, M. P. F., Costa, L. M., Barros, N. F. (2006b). Caracterização química, física e mineralógica de estéreis e rejeito de mineração de ferro da mina de Alegria, Mariana-MG. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 36(1), 45-52.

Silva, R. C., Pereira, J. M., Araújo, Q. R., Pires, A. J. V., Del Rei, A. J. (2007). Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31(1), 101-107.

Silva, S. R., Procópio, S. O., Queiroz, T. F. N., Dias, L. E. (2004). Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 28(1), 189-196.

Silva, V. R., Reichert, J. M., Storck, L., Feijó, S. (2003). Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27(6), 1013-1020.

Skrebsky, E. C., Nicoloso, F. T., Maldaner, J., Rauber, R., Castro, G. Y., Jucoski, G. O., Santos, D. R. (2008). Caracterização das exigências nutricionais de plantas de *Puffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. *Ciência Rural*, Santa Maria, 38(4), 989-996.

Tormena, C. A., Montes, C. R., Augusto, C. (2007). Contribuição dos constituintes da fração argila de solos subtropicais à área superficial específica e à capacidade de troca catiônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31(6), 1355-1365.

Viana, M. B., Bursztyn, M. A. A. (2010). Regularização ambiental de minerações em Minas Gerais. *REM - Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, 63(2), 363-369.

Warrick, A. W., Nielsen, D. R. (1980). Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press, p. 319-344.

1. Mestre em Ciência Florestal/ Master's Degree in Forestry Science, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Diamantina-MG

2. Professor doutor/Professor Ph.D., Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Diamantina-MG;

3. Professor doutor/Professor Ph.D., Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Diamantina-MG
 4. Mestre em Produção Vegetal/ Master's Degree in Plant Production, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Diamantina-MG
 5. Doutor em Fitotecnia/Doctor in Plant Sciences, Universidade Federal de Viçosa/Diamantina-MG
 6. Doutor em fitotecnia/ Doctor in Plant Sciences, Universidade Federal de Viçosa/Viçosa-MG, Email: gustavogamp@hotmail.com
 7. Doutoranda em Produção Vegetal na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. E-mail: patricialage.biologa@gmail.com
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 27) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados