



## **CORRELAÇÃO E MAPEAMENTO DA QUANTIDADE DE CALAGEM POR DOIS MÉTODOS DISTINTOS PARA A CULTURA DA PIMENTA-DO-REINO**

**Waylson Zancanella Quartezi<sup>1</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>2</sup>, Moises Zucoloto<sup>3</sup> & Alexandre Cândido Xavier<sup>4</sup>**

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento e a correlação da quantidade de calagem por dois métodos distintos para um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico sob cultivo de pimenta-do-reino, utilizando técnicas do geoprocessamento com o auxílio de um SIG. Para obtenção dos dados, foi selecionada e demarcada uma gleba de uma lavoura comercial, formando uma malha retangular de 540 m<sup>2</sup>, totalizando 76 pontos amostrais. Os dados foram coletados na região de projeção da copa da cultura na profundidade de 0 - 0,2 m, para a realização das análises químicas de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio Trocável (Al) na determinação da QC (quantidade de calagem) pelo Método da Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio e; Saturação por bases (V%) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) na determinação pelo Método da Saturação por bases. Os mapas gerados para ambos os métodos, apresentaram comportamento similar quanto à distribuição da QC na área, com recomendações de doses mais altas pelo método da Neutralização do alumínio trocável. E ainda, os resultados mostraram que o solo cultivado com a cultura é de baixa fertilidade, necessitando de calagens para correção da acidez e elevação dos teores dos nutrientes no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Piper nigrum L., amostragem, SIG, correção da acidez.

### **MAPPING AND CORRELATION OF SETTING QUANTITY FOR TWO METHODS TO THE CULTURE OF BLACK PEPPER**

**ABSTRACT:** This study aimed to the mapping and correlation of the amount of lime by two different methods for a RED-YELLOW Distrophic LATOSOL under cultivation of black pepper, using techniques of GIS with the help of a GIS. To obtain the data, was selected and demarcated a piece of a commercial crop, forming a rectangular mesh of 540 m<sup>2</sup>, totaling 76 points sample. Data were collected in the projection of the crown of culture in depth from 0 - 0.2 m for the performance of the chemical analysis of calcium (Ca), magnesium (Mg) and exchangeable aluminum (Al) in determining the QC (quantity of lime) by the Method of Neutralization of exchangeable aluminum and elevation of calcium and magnesium; base saturation (V%) and cation exchange capacity (CEC) to determine the method of base saturation. The maps generated in format for both methods, showed similar behavior on the distribution of QC in the area, with higher doses of recommendations by the method of Neutralization of exchangeable aluminum. Also, the results showed that the soil is cultivated with the culture of low fertility, requiring calagens correct for the acidity and raising the levels of nutrients in the soil.

**KEYWORDS:** Piper nigrum L., sampling, GIS, correction of acidity.

---

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Agrônoma e mestrado em Produção Vegetal, ambos pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). Doutor em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônoma da Universidade Estadual Paulista (FCA/UNESP) e pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa (IST/UTL). E-mail: waylson@yahoo.com.br

---

<sup>2</sup> Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). E-mail: limajss@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). E-mail: moiseszucoloto@hotmail.com

<sup>4</sup> Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). E-mail: xavier@cca.ufes.br

## 1 INTRODUÇÃO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma espécie perene, arbustiva e trepadeira, originária de regiões tropicais da Índia. Seus frutos possuem alto valor comercial na forma de pimenta-preta, pimenta-branca e pimenta-verde, em conserva e em pó, sendo utilizadas como condimento na alimentação, indústrias de carne e perfumaria. (MAISTRE, 1969). O cultivo da pimenta do reino é realizado geralmente em solos de baixa fertilidade naturais, caracterizados por apresentar baixa saturação por bases e, freqüentemente, possuir alumínio trocável em quantidades altas que limitam o crescimento de raízes de muitas espécies cultivadas (VELOSO et al., 1995). Nestas condições, as raízes são incapazes de explorar maior volume de solo, a menos que este tenha recebido adubação e calagem para suprir cálcio e outros nutrientes e reduzir as concentrações tóxicas de alumínio (PAVAN & BINGHAM, 1982). Há inúmeros resultados na literatura demonstrando que com a calagem dos solos ácidos, elimina-se o Al trocável e aumenta-se a produção dos cultivos (PRATT, 1966; LOPES, 1984; MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985). Entretanto, a recomendação dessa prática para a pimenteira do reino tem sido feita de forma empírica (ALBUQUERQUE et al., 1989). Os métodos de recomendação de calagem utilizados atualmente para a cultura, proposto por Dadalto & Fullin (2001) são: Método da saturação de bases e Método da neutralização do alumínio trocável e elevação do cálcio e magnésio, onde, este último, segundo os autores, quase sempre apresenta as recomendações mais baixas de quantidade de calagem.

Hoje, devido à crescente expansão da pipericultura no Estado do Espírito Santo, existe uma preocupação por parte dos pesquisadores, da necessidade de estarem desenvolvendo novas tecnologias, no âmbito da cultura, de tal forma que sejam compatíveis com as condições locais, principalmente com relação a sua exigência nutricional (QUARTEZANI, 2008). Para isso, é necessária a utilização de procedimentos que propiciem a sistematização e quantificação da degradação dos solos, cuja finalidade seria melhor avaliação dos seus estados. Nesse sentido, diagnósticos e avaliações adequadas podem ser realizados utilizando novas metodologias e novas técnicas, como os recursos de geoprocessamento (AZEVEDO, 2004).

A importância de se mapear a fertilidade e a correção do solo é obter um suporte quantitativo no balanço nutricional do solo. Mapas contendo os estado de fertilidade e corretivos em uma determinada área são usados em agricultura de precisão fundamentalmente, para determinação dos mapas finais de aplicação de fertilizantes e corretivos à taxa variável (WHITE & ZASOSKI, 1999). O potencial econômico da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.) e a necessidade real de pesquisas que sustentem a sua exploração, levaram a elaboração deste trabalho, que teve por objetivo, possibilitar de forma eficiente, a correlação e o

mapeamento da quantidade de calagem por dois métodos distintos para a cultura da pimenta do reino.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos a partir de amostras coletadas de uma área comercial de pimenta-do-reino localizada no Distrito de Nestor Gomes, Rodovia ES 381, km 28 no Município de São Mateus, Norte do Estado do Espírito Santo (ES). Situada à latitude 18°42' S, longitude 39°51' W de Greenwich e altitude de 25,84 m. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, com média a baixa fertilidade (EMBRAPA, 2006). A variedade de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) cultivada é a Bragantina, com 4 anos de idade, plantada no espaçamento 2,5 x 2,0 m, em regime de irrigação por microaspersão.

Entre os talhões da lavoura comercial utilizada como área experimental foi selecionada e demarcada, uma malha retangular de 540 m<sup>2</sup> (7,5 x 72 m), totalizando 76 pontos amostrais, dispostos em 19 colunas e 4 linhas, onde em cada ponto amostral (pixel) encontram-se 2 plantas, correspondendo a uma área de 10 m<sup>2</sup> (2,5 m x 4 m). Os pontos de amostragem do solo corresponderam às regiões de projeção da copa da planta, na profundidade de 0-0,2 m. Nesses pontos foram realizadas coletas para análises químicas de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio Trocável (Al), Saturação por bases (V%) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC), conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997). As amostras foram acondicionadas, identificadas e conduzidas ao laboratório de solos para eventuais análises químicas.

Com a concretização da coleta do solo e obtenção das análises químicas, utilizou-se da ciência do geoprocessamento com o auxílio de um SIG, para a obtenção dos mapas de recomendação da quantidade de calagem. A etapa da análise quantitativa por meio dos recursos de geoprocessamento, utilizando operações algébricas entre mapas (arquivo imagem), foi realizada com o auxílio do SIG Idrisi 15.0 Andes (EASTMAN, 2006). Utilizando o comando de operações algébricas entre mapas IMAGE CALCULATOR, que possibilita combinar matematicamente dois ou mais planos ("layer") e valores quantitativos, geraram-se os mapas em formato raster da recomendação da quantidade de calagem em ton/ha, para dois métodos distintos, baseado nas seguintes expressões:

Saturação por bases:

$$QC = CTC (V2 - V1)/100 \times f \times P \quad (1)$$

em que: QC é a quantidade de calagem (ton/ha-1); CTC

é a capacidade de troca de cátions (cmolc/dm<sup>3</sup>); V2 a saturação por base desejada para a cultura (%), no caso da pimenta-do-reino é igual a 70%; V1 a saturação por base atual do solo (cmolc/dm<sup>3</sup>); f é o fator de correção do calcário que corresponde a 100/PRNT, considerando o PRNT do calcário equivalente a 90% e P um valor variável conforme profundidade de incorporação, correspondendo nesse caso 0,5, já que a aplicação foi feita superficialmente, sem incorporação (DADALTO & FULLIN, 2001).

Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio:

$$QC = (Y \times Al) + [X - (Ca + Mg)] \times f \times P \quad (2)$$

em que: QC é a quantidade de calagem (ton/ha); Y o valor da variável conforme textura do solo, equivalente a 1 nesse caso já que a textura do solo foi classificada como arenosa (< 15% ou 150g/kg de argila) com base em histórico da área; Al é o teor de alumínio trocável indicado pela análise (cmolc/dm<sup>3</sup>); X fator variável conforme exigência dos cultivos para Ca e Mg, correspondente a 2,5 para a cultura da pimenta-do-reino; Ca o teor de cálcio indicado pela análise (cmolc/dm<sup>3</sup>); Mg o teor de magnésio indicado pela análise (cmolc/dm<sup>3</sup>); f é o fator de correção do calcário que corresponde a 100/PRNT, considerando o PRNT do calcário equivalente a 90% e P um valor variável conforme profundidade de incorporação, correspondendo nesse caso 0,5, já que a aplicação foi feita superficialmente, sem incorporação (DADALTO & FULLIN, 2001).

Com os mapas da QC em formato raster gerados para ambos os métodos, foi feita uma reclassificação por meio do comando RECLASS, com os mapas apresentando 6 classes em diferentes dosagens, objetivando facilitar a visualização e possibilitar um melhor entendimento dos resultados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os momentos estatísticos de cada atributo do solo utilizados na determinação da quantidade de calagem pelos dois métodos distintos. Inicialmente observa-se que todos os atributos apresentaram assimetria positiva, com mediana menor que a média, mostrando uma tendência para concentração de valores abaixo da média.

**Tabela 1:** Resultado da análise descritiva dos atributos utilizados na determinação da quantidade de calagem pelos dois métodos

Atributos	Media	Md	Valores		Dp	Coeficiente			DN
			Min.	Max.		CV	C <sub>s</sub>	C <sub>k</sub>	
Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio									
Ca <sup>2+</sup> 1/	0,944	0,700	0,200	3,100	0,690	73,093	1,723	2,482	
Mg <sup>2+</sup> 1/	0,539	0,500	0,200	1,800	0,286	53,061	1,617	4,151	
Al <sup>3+</sup> 1/	0,507	0,500	0,100	1,400	0,282	55,621	0,354	-0,031	
Saturação por bases									
CTC 1/	5,789	5,700	4,000	13,40	1,237	21,368	3,394	18,977	
V(%)	30,21	26,50	11,60	73,80	14,48	47,937	1,345	1,567	

1/cmoldm<sup>-3</sup>; CTC - capacidade de troca de cátions; V(%) - saturação por bases; Md - mediana; Dp - desvio padrão; CV - coeficiente de variação; C<sub>s</sub> - coeficiente de simetria; C<sub>k</sub> - coeficiente de curtose; DN - distribuição normal; KS - teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade e \* - significativo ao nível de 5% de probabilidade e distribuição não normal.

Dentre todos os atributos observados, apenas o Al<sup>3+</sup> apresentou distribuição de frequência platicurtica, ou seja, com curtose menor que zero (negativa), indicando, neste caso, a tendência desses atributos apresentarem maior variabilidade em torno da média. Enquanto todos os outros apresentaram distribuição de frequência leptocurtica, ou seja, com curtose maior que zero (positiva), o que demonstra uma tendência a maior homogeneidade dos dados, com uma maior concentração em torno da média, conforme encontrado por MANZIONE (2002) e AZEVEDO (2004).

Semelhança entre as medidas de posição média e mediana, sugerem um possível ajuste dos dados a distribuição normal. Isso pode ser comprovado observando os dados dos atributos Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e V(%), que apresentaram os valores de média e mediana bem distintos e diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de kolmogorov-Smirnov (KS), confirmando assim a não normalidade dos dados. Porém, nota-se que alguns atributos cuja normalidade dos dados não foi confirmada pelo teste, como o Al<sup>3+</sup> e CTC, apresentaram média e mediana com valores bem próximos. Este fato evidencia segundo ORTIZ (2003), a necessidade de se levar em conta o maior número possível de parâmetros matemáticos e estatísticos para analisar o possível ajuste dos dados a distribuição normal.

Quando os dados se ajustam próximos a distribuição normal, a média aritmética pode ser considerada uma medida de tendência central representativa do conjunto de dados, podendo ser utilizada no sistema de manejo do solo. Ao contrário, se a distribuição não é normal, significa que a média aritmética é uma medida bastante influenciada pelos valores extremos, não sendo uma medida de tendência central representativa do conjunto de dados. Daí a importância da correlação ponto a ponto e do mapeamento da área, de variáveis que afetam diretamente o processo produtivo, como a quantidade de calagem.

Segundo LANDIM (2003), o CV fornece uma medida relativada da precisão do experimento, sendo bastante útil na avaliação da dispersão dos dados. Com exceção da CTC, todos os atributos em ambos os métodos apresentaram alta variabilidade dos dados ( $CV > 40,3\%$ ), medida pelo coeficiente de variação (CV), baseado nos limites propostos por Costa et al. (2002) para classificação de atributos do solo. O atributo com menor CV nos dois métodos avaliados foi a CTC, enquanto que o  $Ca^{2+}$  foi o que demonstrou maior CV. Os valores elevados de CVs podem demonstrar grandes alterações provocadas pelo homem, como adubações e calagens sucessivas e irregulares ou mesmo local de amostragem em linha ou entrelinha de cultivo.

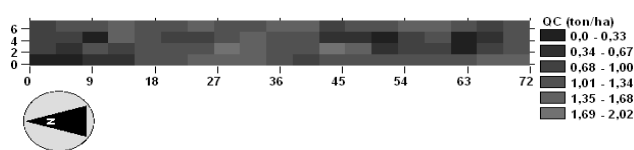
As análises de correlações mostram os atributos que podem ser representados por outros sem muita perda de informação. Assim, as variáveis com correlação maior que 0,9 podem ser representadas por um atributo só, os outros podem ser desconsiderados sem perda de informação significativa. Os valores de tal coeficiente foram classificados conforme proposto por KITAMURA (2004) como: a) extra-alto: se  $0,80 \leq r \leq 1,00$  ou  $-0,80 \geq r \leq -1,00$ ; b) alto: se  $0,60 \leq r \leq 0,80$  ou  $-0,60 \geq r \geq -0,80$ ; c) moderado: se  $0,40 \leq r \leq 0,60$  ou  $-0,40 \geq r \geq -0,60$ ; d) baixo: se  $0,20 \leq r \leq 0,40$  ou  $-0,20 \geq r \geq -0,40$  e, e) nulo: se  $0,0 \leq r \leq 0,20$  ou  $-0,0 \geq r \geq -0,20$ . Segundo o mesmo autor, uma excelente correlação linear entre duas variáveis deve possuir um coeficiente de correlação com valores, pelo menos, superior a +0,60 (correlação positiva) e -0,60 (correlação negativa).

Para a determinação da QC pelo método da Saturação por bases observou-se que houve uma correlação significativa e negativa entre a QC e a  $V(\%)$  de -0,82. Esse resultado mostra que à medida que a saturação por bases no solo aumenta, menor será a quantidade de calcário a ser aplicada. Enquanto que, entre a QC e a CTC e ainda, entre  $V(\%)$  e a CTC, não houve correlações significativas, apresentando valores de  $r = 0,22$  e  $r = 0,21$  respectivamente.

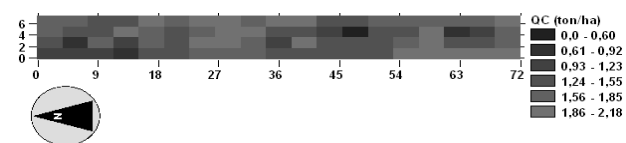
Na análise de correlação entre seus atributos e a QC pelo método de Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio, encontrou-se os seguintes resultados: Para o  $Al^{3+}$  revelaram-se correlações significativas e negativas com o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  de -0,74 e -0,73 respectivamente, conforme FOY (1976),

mostrando que à medida que se aumentam os teores de cálcio e magnésio, feito pela calagem, diminui o teor de alumínio trocável no solo. Esse fato é também explicado pelas correlações negativas e significativas entre o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  com a QC, com valores de  $r = -0,94$  e  $-0,88$  respectivamente, e ainda com a correlação significativa e positiva entre o  $Al^{3+}$  e a QC de 0,91. Outra correlação positiva e significativa entre atributos desse método de recomendação da quantidade de calagem ocorre entre o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , com  $r = 0,80$ . Entre os dois métodos de recomendação da quantidade de calagem avaliados, observou-se correlação significativa e positiva de 0,79.

As Figuras 1 e 2 mostram os mapas em formato raster da recomendação da quantidade de calagem pelo Método da Saturação por bases e pelo Método da Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio, respectivamente, gerados no Idrisi 15.0 Andes:



**Figura 1:** Mapa em formato raster da recomendação da quantidade de calagem (QC) em ton/ha pelo método da Saturação por bases.



**Figura 2:** Mapa em formato raster da recomendação da quantidade de calagem (QC) em ton/ha pelo método da Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio.

Por meio de uma análise visual dos mapas de recomendação gerados, observa-se que, tanto as regiões com maior demanda da necessidade de calagem, quanto às representadas por manchas mais escuras nos mapas, são as mesmas em ambas as figuras, mostrando assim uma distribuição similar da QC pelos dois métodos na área em estudo. Esse comportamento é comprovado ainda mais, pela alta correlação obtida da QC entre os métodos na análise de correlação, porém com recomendação de doses mais elevadas pelo método da Neutralização do alumínio trocável, resultado este diferente do citado por DADALTO & FULLIN (2001).

Em função dos valores baixos observados de nutrientes, de acordo com a classificação de DADALTO & FULLIN (2001), verifica-se que o solo apresenta baixa fertilidade, tornando extremamente necessário a recomendação do uso de práticas de calagem e adubação na área para diminuir a concentração de  $Al^{3+}$  e  $H^+$  e conseqüentemente aumentar o pH, concentração de

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e a V(%) para a cultura da pimenta-do-reino.

A calagem é uma prática de alto retorno econômico para o produtor, uma vez que o calcário, no Espírito Santo, é um insumo de baixo custo, devido o setor de rochas ornamentais, abundante no estado. E ainda, com a utilização de técnicas de geoprocessamento, possibilitando a identificação de zonas diferenciadas de manejo da correção do solo, como o mapeamento da QC, mostrando regiões com maior e menor necessidade de calagem, esses custos tornam-se ainda menores.

#### 4 CONCLUSÃO

A correlação foi positiva e significativa entre os métodos de recomendação da quantidade de calagem para a cultura da pimenta do reino. Os mapas gerados apresentaram comportamento similar quanto à distribuição da quantidade de calagem na área, com recomendações de doses mais altas pelo Método da neutralização do alumínio trocável e elevação do cálcio e magnésio.

Os resultados mostraram que o solo cultivado com a cultura da pimenta-do-reino é de baixa fertilidade, necessitando de calagens para correção da acidez e elevação dos teores dos nutrientes no solo, e ainda, possibilitou a identificação futura de zonas de manejo na correção do solo para a cultura.

#### 5 REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, F.C.; VELOSO, C.A.C.; DUARTE, M.L.R.; KATO, O.R. **Pimenta do reino: recomendações básicas para seu cultivo**. Belém: EMBRAPA, UEPAE, 1989. 40p. (Documentos, 12).

AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004.132 f. Tese (Doutorado). Unicamp, Campinas, 2004.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**. 4 ed. Vitória, ES: SSEA/INCAPER, 2001, 266p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, v.28, p.150-155, 1976.

KITAMURA, E. A. **Inter-relações da variabilidade especial da granulometria do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto**. 2004.109 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - UNESP, Ilha Solteira, 2004.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2003. 253 p.

LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Potafós, 1984. 162p.

MAISTRE, J. Las pimentas. In: MAISTRE, J. **Las plantas de especias**. Barcelona: Ed. Blume, 1969. p.123-208.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Potafós, 1985. 136p.

MANZIONE, R. L. **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em Araguari-MG**. 2002.141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). FCA-UNESP, Botucatu-SP, 2002.

ORTIZ, J.L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - ESALQ, Piracicaba, 2003.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. Toxidez de alumínio em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.1293-1302, 1982.

PRATT, P.F. Aluminum. In: CHAPMAN, H.D. (Ed.) **Diagnostic criteria for plants and soils**. Berkeley: University of California, 1966. p.3-12.

QUARTEZANI, W. Z. **Geoestatística no estudo da variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo e da produtividade da pimenta-do-reino**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, 2008.

SILVA JÚNIOR, R. L. de. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. 2001. 132f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ – USP. Piracicaba, 2001.

VELOSO, C.A.C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J.G. Efeitos do alumínio em pimenta do reino (*Piper nigrum*, L.). **Scientia Agrícola**, v.52, n.2, p.368-375, 1995.

WHITE, J.G.; ZASOSKI, R.J. 1999. Mapping soil micronutrients. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, n. 1, p. 11-26, Jan. 1999.