

GEORGES BRUNO BOLIVAR

EFEITOS DE CALCÁRIO, GESSO E SUPERFOSFATO TRIPLO SOBRE A
MOVIMENTAÇÃO DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E FÓSFORO E O
CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.)

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Fitotecnia,
para Obtenção do Título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JANEIRO - 1993

À Mãe Natureza, de quem todos dependem.

À luta do povo haitiano.

Ao Padre Jean-Bertrand Aristide, Símbolo Vivo dessa luta, da dignidade e das aspirações desse povo.

*À reabilitação da escola pública Richard **AZOR**, que me recebeu aos 10 anos de idade para o primário.*

A profissão de agrônomo, que, ao me permitir viver no meio rural, também me ensinou a amar cada vez mais a minha Haïti Cherie.

AGRADECIMENTOS

Na vida, o que somos, o que realizamos devemos, principalmente, mais à contribuição dos outros do que ao nosso próprio mérito ou esforço. Assim, quero dar ato de meus agradecimentos:

Ao Governo do Brasil, pela bolsa concedida, por intermedio da CAPES.

À Universidade Federal de Vicosa, pela oportunidade que me deu de realizar o curso.

Ao Departamento de Fitotecnia, pela ajuda na realização do experimento.

Ao Departamento de Solos, pelo auxílio, mediante a cessão dos laboratórios.

À Petrofertil e ao Dr. Paulo Tarcísio Gontijo Guimarães, pela ajuda no estabelecimento e na condução do experimento.

Ao Professor Victor Hugo Alvarez V., meu Mestre Científico, pela excelente orientação e pelos inesquecíveis

ensinamentos, mesmo dentro do gabinete, e, também, pela grande sensibilidade com que atenuou minhas vicissitudes, por meio de ajudas financeiras.

Aos Professores Antonio Carlos Ribeiro e Roberto Ferreira de Novais, cujas valiosas críticas, correções e sugestões constituíram eficiente aula de Redação Técnica.

Aos Professores Matosinho de Souza Figueiredo, Hermínia P. Martinez e Paulo Tarcisio G. Guimarães, pelas preciosas críticas e correções.

A todos os professores que participaram da minha formação.

Aos laboratoristas Carlos, Ferreira, José Francisco e, também, aos senhores Dimas, Jairo, Macarrão e Leão.

Aos servidores do setor de Agronomia e do Fundação-Agronomia, pelo esforço.

Ao Ivan Barry, pela ajuda nas análises do dados e pela convivência.

Ao Jorge e aos monitores Natal e Catarina, da Central de Processamento de Dados, pelas inesquecíveis ajudas nas análises estatísticas.

Às secretárias Mara e Conceição, do Departamento de Fitotecnia, e Sonia e Elaine, do Departamento de Solos, pela grande colaboração.

Ao José Roberto Freitas, pelo interesse, pela simpatia e pelo espírito de colaboração na correção deste texto.

À senhora Vera Lúcia Garcia, pela revisão da bibliografia.

À rapaziada que me proporcionou tanta descontração e alegria, pelas discussões sobre o futebol, que aqui se reconhecem!

Aos companheiros Luis Castillo e esposa e Abdou Ndoye e Cynthia Araujo de Lacerda, pelo convívio agradável.

Ao meu pai, a quem devo muito e me ensinou a ser idealista e lutador.

À minha mãe, por tudo que fez por mim.

À minha mulher Inmacula, às minhas filhas Catia, Sophie, Christelle e ao meu filho Marx, pelo equilíbrio que me proporcionaram e, também, pelo sofrimento que suportamos juntos.

Ao meu amigo Legros, pelo pagamento da assinatura de **um** jornal do meu País.

Aos professores dos cursos primário e secundário, especialmente Gérard Dorante.

BIOGRAFIA

GEORGES BRUNO BOLIVAR, filho de Messalon Bolivar e Ivania Azor, nasceu em Saint-Louis du Sud, Haïti, em 15 de setembro de 1953.

De outubro 1963 a junho de 1966, cursou o primário na Escola Richard Azor e o secundário, de outubro 1966 a junho 1973, no Liceo Toussaint Louverture, Colegio Philadelphie e Liceo Anténor Firmin.

De outubro 1975 a julho de 1979, cursou Agronomia na Université d'Etat d'Haïti. De março de 1982 a julho de 1984, cursou o mestrado no Centro Agronomico Tropical de Investigación e Enseñanza (CATIE), em Turrialba, Costa Rica.

Trabalhou no Ministério da Agricultura do Haiti desde a formatura, em 1979, exceto no período de 1986 a 1987, quando atuou como professor na Faculdade de Agronomia da Université d'Etat d'Haïti.

Em março de 1988, iniciou o doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG - Brasil.

CONTEÚDO

Página

EXTRATO	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A Acidez	4
2.1.1. A Acidez do Solo	4
2.1.2. A Cafeicultura e a Acidez	6
2.2. A Calagem	7
2.2.1. Aspectos Gerais	7
2.2.2. Efeito Neutralizante do Calcário	9
2.2.3. A Calagem e a Movimentação de Íons	11
2.2.4. A Calagem na Cafeicultura	12
2.3. A Gessagem	14
2.3.1. Aspectos Gerais	14
2.3.2. Efeito Neutralizante do Gesso	15

2.3.3. Efeito do Gesso na Movimentação de Íons ...	17
2.3.4. A Gessagem na Cafeicultura	18
2.4. O Fósforo	19
2.4.1. Aspectos Gerais	19
2.4.2. O Fósforo no Perfil	21
2.4.3. O Fósforo na Cafeicultura	21
2.5. Calagem x Fósforo	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Estudo de Calcário e Gesso	37
4.1.1. Teores de Ca e de Mg Trocáveis	37
4.1.2. Valores de pH e de Al Trocável	53
4.1.3. Teores de S e de P Disponíveis	62
4.1.4. Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas	67
4.1.5. Crescimento do Cafeeiro	72
4.2. Estudo da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo	76
4.2.1. Teores de Ca e de Mg Trocáveis	76
4.2.2. Valores de pH e de Al Trocável	85
4.2.3. Teores de S e de P Disponíveis	93
4.2.4. Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas	98
4.2.5. Crescimento do Cafeeiro	104
5. RESUMO E CONCLUSÕES	112
BIBLIOGRAFIA	114
APÊNDICE	130

EXTRATO

BOLIVAR, GEORGES BRUNO. D.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 1993. Efeitos de Calcário. **Gesso** e Superfosfato Triplo **sobre** a Movimentação de Cálcio, **Magnésio**, Enxofre e **Fósforo** e o Crescimento Inicial do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Professor Orientador: Victor **Hugo** Alvarez V. Professores Conselheiros: Antonio **Carlos** Ribeiro, Roberto Ferreira de Novais e **Matosinho** de Souza Figueiredo.

Objetivou-se avaliar no presente trabalho, principalmente, a movimentação de Ca, Mg, S e P, sua absorção e o crescimento Inicial do cafeeiro Catuaí com a aplicação de doses de calcário, gesso e fósforo.

O experimento constou de duas series de **14** tratamentos gerados pela matriz Box-Bérnard aumentada (**3**). A primeira envolveu o estudo de calcário e gesso e a segunda, combinações de doses da mistura calcário-gesso (3:1) e doses de fósforo. **Os** tratamentos foram aplicados, na cova e no sulco, **15** dias antes do transplante, em espaçamento de **3 x 1** m. Após **12** e **24** meses, foram coletadas amostras de solo às profundidades de **0 a 30**, **30 a 50** e **50 a 80** cm, bem

como amostras do terceiro e quarto pares de folhas. Também, mediram-se: comprimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, diâmetros de copa e tronco, número de ramos primários e a produção. Nas amostras de solos foram determinados pH, Ca, Mg e Al trocáveis e S e P disponíveis e, no extrato foliar, Ca, Mg, S e P.

Houve lixiviação e movimentação de Ca e de Mg. A quantidade de nutrientes lixiviados e movimentados esteve relacionada às doses de calcário e gesso e da mistura .calcário-gesso. O pH diminuiu, em geral, pelo incremento das doses de gesso. Os teores de P disponível foram baixos. Houve pouca variação dos valores dos nutrientes foliares e das variáveis de crescimento. A produção aumentou linearmente com as doses de gesso e de fósforo e, quadraticamente, com as doses da mistura calcário e gesso.

1. INTRODUÇÃO

A acidez é um dos maiores problemas dos **solos** da América Tropical, ocorrendo em **70%** da área desta região. Além do mais, a expansão da fronteira agrícola em nível mundial depende, amplamente, do uso dos **solos** ácidos da região tropical (SANCHEZ e SALINAS, 1981).

A maior parte do território brasileiro (**86%**) é constituída de **solos** problemáticos, sendo a acidez comum a todos eles (WAGNER, 1987). Um estudo realizado com milhares de amostras provenientes de todo o País revelou ocorrência, na Amazônia, de 75% de **solos** altamente ácidos ($\text{pH} < 5,0$) e 25% de **solos** ligeiramente ácidos (pH entre 5,0 e 6,0). No Nordeste, esses valores correspondem a 40 e **60%**; no Centro-Oeste, 50 e **60%**; e no Sul, **40** e 60% (MALAVOLTA, 1985a).

Os **solos** ácidos caracterizam-se por vários fatores desfavoráveis ao crescimento de plantas. A literatura sobre fertilidade de **solo** destaca principalmente a toxicidade de Al, a deficiência de Ca e Mg e a alta capacidade de fixação

de P. Essa elevada fixação de **P** 6 registrada em cerca de 96% dos **solos** da America Tropical. Esses fatores levam **ao** impedimento químico desses **solos** para a atividade agrícola em suas condições naturais. Associada a isso há, **também**, a incapacidade de **aprofundamento** do sistema radicular nas camadas **subsuperficiais** para um melhor aproveitamento de água. Assim, conforme indicam EIRA et alii (1972), as **limitações** maiores desses **solos** para **o** crescimento das plantas **são** as deficiências de Ca, Mg e **P**.

A construção da fertilidade dos **solos** ácidos passa pelo seu manejo adequado, incluindo **o** uso de calcário combinado com gesso para certas **situações** específicas e a adubação **fosfatada** (SANCHEZ e SALINAS, 1981; LOPES, 1984; LOPES e ABREU, 1987; MELLO, 1985). Esperam-se, dessas práticas, a **redução** considerável na saturação de Al abaixo de níveis **tóxicos** às plantas, a melhoria no suprimento de Ca e Mg no subsolo e **o** suprimento de um nível adequado de P disponível no **solo**.

Na cafeicultura, a calagem 6 de relevante importância. Em **solos** particularmente pobres em Ca e Mg, essa prática atua, corrigindo as deficiências desses nutrientes, sendo este aspecto, talvez, mais importante para **o** cafeeiro do que **os** efeitos de neutralização da acidez e **a** diminuição do teor do Al trocável (FREIRE et alii, 1984).

LOPES e ABREU (1987) chamaram a atenção para a escassez de **informação** sobre doses ótimas de calcário e **alterações** químicas **secundárias** no perfil do **solo** decorrentes de seu uso.

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do uso de calcário dolomítico, gesso e superfosfato triplo sobre a correção da acidez do solo, a lixiviação e a movimentação de Ca, Mg, S e P, sobre a absorção desses nutrientes e sobre o crescimento e a produção inicial de plantas jovens do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cv. Catuaí.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Acidez

2.1.1. A Acidez do Solo

A preocupação do homem perante a acidez do solo parece ser bem antiga. Segundo BARBER (1984), os romanos testaram a acidez do solo, experimentando, na boca, água fresca percolada através de uma cesta com solo.

O efeito, ou a síndrome da acidez (SUMNER et alii, 1986), é característica de problemas ligados à baixa fertilidade de solos ácidos (FOY, 1982).

Vários fatores atuam no aparecimento da acidez do solo: o predomínio do Al trocável mediante a remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca (Vetch, 1904, citado por JENNY, 1961); as argilas aluminossilicatadas, cujo Al removido se hidrolisa, liberando ions H^+ ; a matéria orgânica, por meio de seus grupos

carboxílicos e fenólicos, atuando como ácidos fracos (MALAVOLTA, 1985b; TISDALE et alii, 1985); os resíduos de adubos, principalmente dos nitrogenados (PEARSON et alii, 1962; TISDALE et alii, 1985); o material de origem pobre em cátions, de caráter básico (Foy, 1972, citado por FOY, 1984; MELLO, 1985); e a hidrólise de CO_2 , formando H^+ e HCO_3^- (RAIJ e QUAGGIO, 1984).

McLEAN et alii (1964) encontraram, para os diferentes componentes da acidez do solo, a seguinte seqüência decrescente de atividade: H^+ trocável > Al^{3+} > monômero de hidroxy-Al > polímero de hidroxy-Al = acidez matéria orgânica = acidez de faces Al-OH ou Si-OH de argilas silicatadas.

A acidez influencia a disponibilidade de nutrientes para as plantas (MALAVOLTA et alii, 1986). A valores de pH abaixo de 4, os íons H^+ provocam efluxo de ions previamente absorvidos pela planta, conforme observaram Jacobson et alii (1957), citados por MOORE (1974), além de competir, também, com os cátions por sítios de adsorção (MALAVOLTA et alii, 1986). O Al, em solos ácidos, fixa o P em forma menos disponível e interfere na absorção, transporte e uso de Ca, Mg, P e, também, de água (FLEMING e FOY, 1968; REID et alii, 1971; FOY, 1974a; FOY, 1984; TISDALE et alii, 1985).

Níveis tóxicos de Al no subsolo podem restringir a penetração de raízes e aumentar a possibilidade de danos causados pela seca (FOY, 1974b). Uma saturação de Al acima de 20% pode reduzir a produtividade das culturas (WAGNER, 1987).

Trabalhando, em casa de vegetação, com amostras de 13 **solos** e cultivando milho, sorgo e cevada, Pierre (1931), citado por ADAMS (1984), verificou que a saturação de bases é o fator mais importante para o crescimento de plantas em **solos** ácidos. ABRUNA-RODRIGUEZ et alii (1970) obtiveram rendimento máximo de fumo em **solo** com cerca de 60% de saturação de base.

2.1.2. A Cafeicultura e a Acidez

As áreas de produção cafeeira no Brasil são localizadas principalmente em regiões de **solos** ácidos e com baixa saturação de bases. Esses **solos** contêm teor de Al trocável suficiente para restringir o crescimento da maioria das culturas, segundo informou Demattê (1981), citado por PAVAN et alii (1982).

Em vários países produtores de café, a cultura é explorada em **solos** ácidos. No sul da Índia, esses **solos** são lateríticos e possuem alto poder de fixação de P (BIDDAPA e VENKAT RAO, 1973). Também na Colômbia, 57% do parque cafeeiro está localizado em **solos** com pH abaixo de 5,50 (VINASCO OSSA e VALENCIA ARISTIZABAL, 1991).

A equipe do instituto de pesquisa IBEC, citada por MALAVOLTA (1986), observou que a produtividade de muitas lavouras de café, no Paraná, parece estar relacionada diretamente com o pH do **solo**. Verificou que 75% das lavouras altamente produtivas estavam estabelecidas em **solos** com pH de 6 a 7; as menos produtivas, em pH de 5,1 a 6,0; e as de baixa produtividade, na faixa de 4,6 a 5,1. Entretanto,

KÜPPER (1983) mencionou que em solos com pH entre 5,0 e 6,5 foi observado um bom desenvolvimento do cafeeiro.

Comprovou-se, em solução nutritiva, o efeito nefasto da toxidez de Al para o cafeeiro, na concentração de $1,20 \times 10^{-5}$ mM (PAVAN e BINGHAM, 1982; APONTA, 1983), de 8 mg/l (MARTINEZ e MONNERAT, 1991) e, logicamente, nas concentrações maiores (PASSOS e RUIZ, 1991), o que ocasionou redução no teor de Ca, Mg e P nas folhas e, também, no transporte do P das raízes para a parte aérea.

Por outro lado, Pearson (1975), citado por KAMPRATH (1984), assinalou que o cafeeiro é muito tolerante à acidez quando o nível de Mn não é tóxico.

2.2. Calagem

2.2.1. Aspectos Gerais

Vários autores têm chamado a atenção sobre a variabilidade do teor de Ca na planta (Jonas e Lunt, 1967, citados por LUND, 1970; MOSTAFA e ULRICH, 1974; CLARK, 1984) e sobre como o Ca protege a membrana citoplasmática contra injúrias causadas pelo pH baixo (MOORE, 1974), como também sobre os efeitos tóxicos causados, em geral, pelo Al (FOY, 1974b; CHESNIN, 1976).

RITCHEY et alii (1982) comprovaram a deficiência de Ca, como o fator limitante do crescimento radicular, em subsolo de um latossolo do Brasil Central, por meio da aplicação de 0,10 a 0,15 meq/100 cm³ de Ca, na forma de cloreto, fosfato ou carbonato. Nesse estudo, os autores

observaram aumento do crescimento radicular em até 60 a 75 cm, num ensaio em que 1.100 kg/ha de sulfato de cálcio foram aplicados na forma de superfosfato simples dois anos antes, em comparação com as plantas crescidas em solo adjacente, não-tratado.

A calagem é antiga prática agrícola. Cato e Varo, por volta do ano 200 antes de Cristo e, posteriormente, Dickson (1788) referiram-se ao uso do calcário (BARBER, 1984). MALAVOLTA (1985b) mencionou que os gregos e os gauleses ensinaram aos romanos a técnica de aplicação de margas (mistura de calcário, matéria orgânica e argila). Pesquisas sobre calagem iniciaram-se, nos Estados Unidos, entre 1880 e 1902 (BARBER, 1984). No Brasil, a importância da calagem, particularmente para agricultura no cerrado, começou a despertar interesse, provavelmente, na década de 40 (MALAVOLTA e KLIEMAN, 1985). A subutilização de calcário é uma das principais causas do aproveitamento inadequado de adubos químicos na agricultura brasileira, em solos ácidos (LOPES, 1984).

Os objetivos da calagem podem-se resumir em: correção da acidez e aumento na disponibilidade de nutrientes com máxima disponibilidade na faixa de 6,0 a 6,5; fornecimento de Ca ou de Ca + Mg; e diminuição da saturação de Al.

Cabe assinalar que a neutralização da acidez é feita pelos mais importantes receptores de prótons, quais sejam os ânions OH^- e HCO_3^- (MALAVOLTA, 1985a; RAIJ, 1988).

2.2.2. Efeito Neutralizante da Calagem

Aplicando calcários calcíticos e dolomíticos, de diferentes maneiras, no cultivo do trevo, LONGENEKER e MERKLE (1952) verificaram que a função principal da calagem é reduzir a solubilidade de Al e Mn e, possivelmente, aumentar a disponibilidade de P.

É muito variável o período necessário para que ocorra a neutralização da acidez após a calagem: pode ser de dois a quatro meses para ocorrer a maior mudança no pH (HOYER e AXLEY, 1952), ou 100 dias para se atingir pH 5,5 a 6,0 (SOUZA et alii, 1937), ou 60 dias em solos LVd e LEd e 100 dias em LV, para se obter pH 6,5, independentemente da fonte de calcário, ou 50 a 60 dias para neutralizar o Al trocável (BELLINGIERI et alii, 1938).

A partir de três experimentos conduzidos em casa de vegetação, REEVE e SUMNER (1970) observaram que a quantidade de calcário necessária para se obterem o crescimento máximo de plantas e a neutralização do Al trocável do solo corresponde a aproximadamente 1/3 da quantidade necessária para elevar o pH do solo até 6,5. GONZALEZ-ERICO et alii (1979), incorporando 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário às profundidades de 0 a 15 e 0 a 30 cm, observaram que a dose de 2 t/ha e as mais elevadas, aplicadas de 0 a 15 cm, diminuíram a saturação de Al a valores inferiores a 20% na camada de incorporação, mas a calagem nesta camada não influenciou a saturação de Al na camada de 15 a 30 cm, onde permaneceu acima de 50%. A incorporação profunda de 4 ou 8 t/ha também reduziu a saturação na camada de 15 a 30 cm e

aumentou o pH para 5,5. Por outro lado, FIGUEIREDO e ALMEIDA (1991) obtiveram neutralizações rápida do Al trocável e lenta para as formas não-trocáveis, as quais não foram eliminadas nas doses elevadas.

Num experimento conduzido em anéis de PVC de 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura, montados em colunas de 30 cm de altura, com amostras de um solo LVd tratadas com carbonato de cálcio ou gesso e submetidas à lixiviação com água equivalente a 300, 600 e 900 mm de chuva parcelada em três aplicações semanais, DIAS et alii (1984) observaram que o carbonato neutralizou o Al trocável apenas nas camadas superficiais.

DAL BÓ (1985) verificou que a calagem com 4 meq de calcário/ 100 cm³ de solo aumentou o pH para aproximadamente 5,0 e assinalou uma capacidade tampão relativamente elevada para o solo utilizado.

AZEVEDO et alii (1988), num experimento com calagem e fosfatagem durante um período de dois anos, observaram que a calagem aumentou significativamente o pH durante os seis cultivos de milho. O Al trocável e sua saturação diminuíram significativamente, sendo estes efeitos maiores no terceiro cultivo.

Moschler et alii (1962), citados por THOMAS e HARGROVE (1984), obtiveram, em experimento no campo, aumento de 20 a 30% na saturação de bases para cada aumento de uma unidade no pH.

2.2.3. A Calagem e a Movimentação de Íons

Os cátions do solo possuem mobilidade variável de solo para solo, de acordo com as suas propriedades físico-químicas, estrutura e saturação de bases do complexo de troca (JARUHOV, 1937).

Incorporando CaCO_3 , CaO , Ca(OH)_2 , $\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgO}$, $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$, MgO e $\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ nos 8 cm superficiais de dois solos com CTC de 21,01 e 2,88 meq/100 cm³, em doses equivalentes a duas vezes a CTC, RIRIE et alii (1952) observaram menor movimentação dos cátions quando na forma de carbonatos. A perda de Mg foi particularmente maior no solo com teor inicial de Mg trocável mais elevado. Todos os materiais, exceto $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$ e $\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgO}$, aumentaram o Ca trocável na camada inferior.

Brown (1956), citado por MORELLI et alii (1971), obteve efeito da calagem até 60 cm de profundidade, 23 anos após sua aplicação superficial. Esse autor encontrou movimentação considerável de bases com a calagem até a camada de 80 a 100 cm, mesmo na dose mínima de 3,8 t/ha.

Utilizando combinações de 1,5 e 3,0 t/ha de calcário calcítico comercial, 0, 1,5 e 3,0 t/ha de calcário calcítico micropulverizado e 0,0, 1,2 e 4,0 t/ha de gesso aplicadas na camada de 0 a 20 cm de colunas de solo, ALVES (1982) observou o efeito da calagem restringir-se às camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, com efeito significativo entre as doses.

Incorporando na camada de 0 a 20 cm doses de 0 até 180 kg/ha de calcário dolomítico, em dois solos, e coletando amostras a 0-10, 10-20, 20-25, 25-30, 30-40, 40-50 e 50-

60 cm, MESSICK et alii (1984) detectaram maior movimentação do Mg em comparação com o Ca, observando, também, que a neutralização da acidez não acompanhou a destes cátions.

Num estudo para avaliar a movimentação de Ca, Mg e Al em colunas de latossolo após mistura de calcário ou gesso com os 2 cm superficiais de solo, PAVAN et alii (1984) observaram aumento de Ca trocável do solo apenas na camada de 0 a 10 cm, incremento que contribuiu com 85% da CTC. Os pesquisadores atribuíram essa baixa movimentação de Ca à baixa solubilidade do calcário e à falta de um Anion solúvel estável que facilitasse a movimentação dos cátions trocáveis. BLACK e CAMERON (1974) não observaram melhoria no subsolo com dose alta de calcário aplicada superficialmente. Entretanto, ROSOLEM e MACHADO (1984) verificaram efeitos na camada de 20 a 40 cm, enquanto DAL BO (1985) não obteve movimentação de Ca, aplicado na forma de carbonato de cálcio.

2.2.4. A Calagem na Cafeicultura

No primeiro experimento conduzido sobre o cafeeiro no cerrado, num LVA, fase franco-arenosa, com aplicação de 50 g de calcário dolomítico por cova, com base nos dados de produção de 1960 a 1969 e nos aspectos de crescimento vegetativo, LAZARRINI et alii (1975) observaram que o emprego do calcário dolomítico foi altamente eficaz na correção da deficiência de Mg e, também, no aumento da produtividade. Em três biênios sucessivos, a produção média para 1.660 covas, no espaçamento de 3 x 2 m, foi de 2.143

2.294 e 2.424 kg/ha de café em coco, acima da média de 1.500 kg/ha do Estado de São Paulo.

MALAVOLTA (1977) encontrou correlação muito estreita entre o teor de Ca trocável e a produtividade do cafeeiro no norte do Paraná e sul de Minas Gerais, e o mesmo entre teor foliar do nutriente e produtividade. Entretanto, MATIELLO (1991) relatou informações contrárias. Estima-se que a concentração de Ca no solo deve-se aproximar de 4 meq/100 cm³ e o teor nas folhas entre 1,3 e 1,5%, no terceiro e quarto pares de folhas de ramos produtivos com frutos na fase de chumbinho. Para o Mg, foi encontrada correlação consistente entre o teor no solo e nas folhas e, também, na produtividade. O teor adequado no solo seria entre 0,15 e 1,0 meq/100 cm³ ou entre 10 e 20 % da CTC (MATIELLO et alii, 1987).

O IBC (1977) recomenda a calagem quando a soma dos teores de Ca e Mg trocáveis estiver abaixo de 2,5 meq/100 cm³. Neste caso, aplicar-se-ão 2 t/ha de calcário para cada meq/100 cm³ que se queira elevar, ou quando o Al trocável superar 0,5 meq/100 cm³, neste caso, aplicar-se-ão de 1.5 a 2 t/ha de calcário, para cada meq/100 cm³ que se queira eliminar.

VIANA et alii (1990) verificaram que o melhor método de recomendação de calagem para o cafeeiro consistiu em elevar a saturação de bases até 40% e com complementação nos dois anos seguintes, obtendo produtividade 3,24 vezes superior à da testemunha e com saturação final de 60%. Ao não efetuar calagem complementar, a maior produção foi

obtida com saturação de bases de **60** a 80%, superando à da testemunha em 2,84 a 3,00 vezes.

Vários pesquisadores encontraram efeitos benéficos da calagem sobre a produção do cafeeiro (PAVAN e IGUE, 1976; REIS et alii, 1981; SANTINATO et alii, 1986; VIANA et alii, 1987). As doses relacionadas com **os** aumentos significativos da produção variam com a idade da lavoura e com o método de aplicação. Por exemplo, PAVAN e IGUE (1976) observaram superioridade da dose de 2,5 t/ha de calcário em lavouras de **10** anos de idade sobre doses de **5** e **10** t/ha. Entretanto, SANTINATO et alii (1986) e VIANA et alii (1987) destacaram a dose de **4** t/ha aplicada na área associada ou não com a aplicação na cova.

As vezes, a calagem não apresenta efeitos favoráveis no rendimento, principalmente nas primeiras colheitas, podendo haver até queda da produção nas doses mais altas. Entretanto, em semelhantes condições, o aspecto vegetativo das plantas submetidas à calagem demonstra melhores perspectivas (SANTINATO et alii, 1979; GARCIA e MARTINS, 1980; VALENCIA e BRAVO, 1981).

2.3. A Gessagem

2.3.1. Aspectos Gerais

A ação do gesso é geralmente mais efetiva nas camadas subsuperficiais, enquanto a do calcário se manifesta mais na superfície (GUIMARÃES, 1986). Para a melhoria do ambiente radicular na subsuperfície, o gesso é recomendado quando o

teor do Ca trocável for igual ou menor que $0,3 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ e, ou, a concentração do Al trocável for igual ou maior que $0,5 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ ou a saturação do Al for igual ou maior que 40%. Como fonte de S, o gesso é recomendado quando a concentração do nutriente for inferior a $8-10 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de S na camada de 0 a 20 cm ou quando, nas adubações normais, não se fizer uso de fertilizantes que contenham S, como o superfosfato simples ou o sulfato de amônio (LOPES e ABREU, 1987; GUIMARÃES, 1988).

Vários pesquisadores recomendam o uso do gesso em combinação com calcário (ALCARDE, 1988; VITTI, 1988). Entretanto, RAIJ (1988) assinalou que não há necessidade específica de gessagem nos solos que receberam aplicações normais de corretivos, pois superam amplamente as exigências das culturas. Entretanto, para o crescimento do sistema radicular, a necessidade de Ca tem enfoque completamente diferente e muito relacionado com o uso do gesso.

2.3.2. Efeito Neutralizante do Gesso

Em geral, o gesso não provoca mudança no pH, embora isso possa acontecer em certas condições de solo e em função da dose aplicada (MALAVOLTA et alii, 1986).

Utilizando doses de gesso equivalentes a uma e duas vezes a quantidade de CaO de calcário necessária para a correção da acidez, MALAVOLTA et alii (1981) não observaram efeito do gesso na reação do solo, 8s profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e > 40 cm. PAVAN et alii (1984) verificaram pouco ou nenhum efeito do gesso sobre o pH e a CTC. ROSOLEM

e MACHADO (1984) notaram que a gessagem isolada não alterou o pH num LR, enquanto num solo LEa houve ligeira redução do pH. LOPES e GONZALEZ (1987), mesmo utilizando dose equivalente a quatro vezes o Al trocável, não observaram variação na reação do solo.

RIRIE et alii (1952) presenciaram ligeiro aumento de pH, apenas de 0,30 unidade, como efeito da aplicação do gesso em relação à não-aplicação, num solo franco arenoso com baixa CTC, e não viram nenhuma variação no solo com maior CTC. Couto et alii (1979), citados por COUTO e RITCHEY (1987), observaram aumento de pH de 4,32 para 4,65 e de 5,77 para 6,27 após a aplicação de sulfato de cálcio a amostras de subsolo de um Acrhumox e de um Acrorthox, respectivamente. Equilibrando amostras de solo com CaCl_2 0,01 M e CaSO_4 0,01 M, SINGH (1982) observou maior atividade do sulfato na variação do pH, provocando aumentos na ordem de 0,20 a 0,28 unidade de pH. Também, o sulfato ocasionou redução do Al trocável. BLACK e CAMERON (1984) obtiveram resultados semelhantes.

Aplicando, na superfície, 0, 2, 4, 8, 16 e 32 t/ha de gesso e 4 t/ha de gesso mais 4 t/ha de calcário dolomítico, em amostragens feitas aos 4, 13, 17 e 26 meses, ERNANI (1986) não verificou variação no teor do Al trocável em nenhuma profundidade, exceto com a aplicação da dose de 32 t/ha. SUMNER et alii (1986) obtiveram neutralização do Al trocável no perfil, com o uso do gesso. Em experimento realizado em lavoura de maçã, PAVAN et alii (1987) observaram ligeira redução do pH num Cambisol e pequeno aumento num Oxisol, em virtude da aplicação do gesso. O

gesso não afetou consideravelmente o Al trocável na superfície do solo, mas o reduziu nas camadas inferiores até 43 a 60 cm, a um grau menor do que o observado para a aplicação de carbonato de Ca e carbonato de Mg até 40 a 60 cm, apresentando, ainda, aumento na concentração do Ca trocável.

2.3.3. Efeito do Gesso na Movimentação de Íons

RIRIE et alii (1952) verificaram que a lixiviação do Ca do gesso foi oito vezes maior do que a do Ca dos corretivos utilizados. RITCHEY et alii (1980) observaram movimentação do Ca do gesso até 60 cm de profundidade, enquanto o Ca do cloreto e do carbonato foi encontrado, respectivamente, até 125 e 25 cm, em aplicação feita na camada de 0 a 15 cm. A elevação da dose de gesso de 800 para 2.000 kg/ha aumentou a profundidade de movimentação de 45 para 75 cm. ALVES (1982) obteve movimentação de Ca nas doses de 1, 2 e 4 t de gesso/ha. Exceto na camada de incorporação, houve elevação no teor de Ca trocável com o aumento das doses, principalmente na camada mais profunda, com aumento de 200 e 400%, respectivamente para 2 e 4 t/ha. O pH diminuiu nas camadas de 40 a 60 e de 60 a 80 cm com o aumento das doses. ROSOLEM e MACHADO (1984) verificaram maior taxa de lixiviação de Ca e Mg com a aplicação do gesso em relação ao calcário. A mistura de ambos os materiais propiciou taxas intermediárias.

PAVAN et alii (1984) observaram, com o efeito da aplicação do gesso, distribuição relativamente uniforme do

Ca trocável num perfil de 0 a 100 cm. Houve redução considerável do teor de Mg no solo tratado com gesso em comparação com o solo não-tratado. Esses autores assinalaram a superioridade do gesso sobre o calcário na redução do Al trocável e no suprimento de Ca, em todo o perfil. A combinação do calcário dolomítico com o gesso seria ainda mais benéfica, por fornecer também o Mg. Estudando a distribuição do Ca no perfil de um LE em condição de cerrado virgem ou numa área nove anos depois de desmatada ou num solo cultivado por dois anos e tratado com 4 t/ha de gesso no início do cultivo, constatou-se que o teor de Ca no solo virgem é muito baixo, com distribuição irregular e mais concentrada na camada superficial (EMBRAPA-CPAC, 1985). Houve redistribuição de Ca ao longo do perfil na área desmatada. Na área gessada, ocorreu grande lixiviação de Ca até, pelo menos, 120 cm de profundidade, facilitando um bom aprofundamento radicular.

2.3.4. A Gessagem na Cafeicultura

O cafeeiro é considerado a cultura perene típica, em que a aplicação de gesso propiciou respostas muito favoráveis, sobretudo em relação ao fornecimento de S.

Freitas et alii (1972), citados por GUIMARÃES e LOPES (1986), aplicando gesso para suprir doses de até 134,5 kg/ha de S, observaram que a média de rendimento num período de oito anos foi 82% maior para o gesso em relação à da testemunha. O efeito benéfico do gesso foi comprovado

também quando aplicado na cova (FREIRE et alii, 1984; VIANA et alii, 1987).

Aplicando combinações de 0, 750, 1.500 e 3.000 kg/ha de calcário e 0, 1.290 e 2.580 kg/ha de gesso, Guimarães et alii (1983), citados por FREIRE et alii (1984), obtiveram rendimento médio de 33,38 sacos/ha de café beneficiado na maior dose de gesso, correspondendo a um acréscimo de 11 sacos em relação ao uso de calcário sem gesso. A maior dose de calcário propiciou 36,79 sacos/ha de café beneficiado, ou seja, um acréscimo de 8,06 sacos em relação ao uso de gesso e calcário.

2.4. O Fósforo

2.4.1. Aspectos Gerais

De modo geral, a concentração de P na solução do solo é muito baixa. Têm sido observados teores tão baixos como 10^{-7} a 10^{-6} M e 10^{-4} M ou 0,01 mg/l (MILLER, 1976; GOEDERT e SOUZA, 1984). Essas concentrações, geralmente pequenas, do elemento nos solos e sua tendência em reagir com os compostos do solo para formar produtos relativamente insolúveis tornam o P menos disponível para a planta. Além do mais, apenas uma quinta parte do adubo fosfato solúvel é aproveitada imediatamente pelas culturas, insolubilizando o resto (JORGE, 1986).

Uma característica fundamental na dinâmica do P no solo é sua adsorção ao complexo de troca (BERG e THOMAS, 1959). A concentração de P disponível não é dependente

apenas da dose aplicada (BARROW e SHAW, 19751, pois, em solos de alta fixação de P, a calagem pode diminuir sua fixação, aumentando, assim, sua disponibilidade (MCLEAN e LOGAN, 1970).

Pelo caráter pouco solúvel de seu P nativo e a alta capacidade de fixação dos **solos** tropicais, se esses solos não **são** adubados, eles se tornam competidores com a planta pelo nutriente (DEDATTA et alii, 1963).

Estudos realizados em vários países não permitem generalizar a importância das principais formas de P que estão mais relacionadas à disponibilidade do nutriente para as plantas (FASSBENDER et alii, 1968; NOVOA e NUNEZ, 1975; AYODELE, 1986).

Objetivando estudar a fixação de P na presença de calagem e tendo o sorgo como cultura, DEDATTA et alii (1963) observaram que a concentração de P na solução aumentou gradativamente até pH 5,8 e 6,8, nos dois **solos** estudados. REEVE e SUMNER (1970) não constataram efeito da calagem na redução da fixação de P. Dados não publicados de Lemare e Goedert, citados por GOEDERT et alii (19871, indicaram que a calagem, para atingir pH em torno de 5,5, diminui em cerca de 30% a adsorção de P.

Num trabalho para avaliar a solubilização de fosfato-de-Araxá na presença ou ausência de calagem, NOVELINO et alii (1985) verificaram que o crescimento e a absorção de P pelo sorgo foram maiores na presença da calagem, pois houve redução da passagem de P lábil para a fase não-lábil.

2.4.2. O Fósforo no Perfil

Vários autores, citados por JORDAN et alii (1952), obtiveram resultados contraditórios sobre a mobilidade de P no solo.

A lixiviação pode provocar perda de P em solo arenoso em até 80% da quantidade aplicada, conforme relatam vários autores citados por BARROW (1980), isso em virtude da baixa capacidade de fixação de P nesses solos. Mesmo neste caso, o elemento não é removido completamente do perfil, podendo ficar no horizonte B, segundo observou Mattingly (1970), citado por BARROW (1980). Read e Campbell (1981), citados por MCKENZIE e NYBORG (1984), verificaram que, numa área semi-árida, a adubação fosfatada na camada de 0 a 15 cm aumentou a concentração de P na camada de 90 a 120 cm. JORGE (1986) informou que não foi detectada movimentação de P, mesmo em solo arenoso, num trabalho conduzido por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas, em amostras coletadas periodicamente em várias profundidades, após a aplicação de superfosfato triplo.

2.4.3. O Fósforo na Cafeicultura

Existe controvérsia sobre a importância do P para o cafeeiro. As respostas às aplicações do nutriente são mais comuns na fase jovem da planta em relação à adulta. Vários autores citados por LACERDA et alii (1986) mostraram a necessidade fundamental da utilização de P na formação do cafeeiro, afirmando ser inviável o estabelecimento desta

cultura sem a adição daquele nutriente. A importância de P na fase jovem do cafeeiro explica-se pela sua função em aumentar, significativamente, o sistema radicular. Com relação à Pouca exigência do nutriente na fase adulta, o IBC (1986) dá as seguintes explicações: inexistência de correlação entre os teores de análise do solo e os teores da planta; sistema radicular vigoroso e bem-desenvolvido, suficiente para suprir o cafeeiro em P, pela exploração de maior volume de solo e de subsolo; e provável associação com fungos endomicorrízicos nas raízes, aumentando a superfície radicular. Além do mais, o cafeeiro teria capacidade para absorver P, mesmo em baixas concentrações no solo, conforme opinaram MORAES (1983) e Muller (1983), citado por URIBE-HENAO (1983).

BRAGANÇA et alii (1981) observaram que o P no plantio apresentou incrementos significativos na produção das cinco primeiras colheitas, com variação de 40 a 80%. Com base em dados obtidos aos 18 meses, SANTINATO et alii (1981) destacaram o P como o nutriente mais importante para o crescimento inicial do cafeeiro.

Técnicos da EPAMIG (s.d.), citados por FREIRE et alii (1984), obtiveram dados de crescimento de 47,6, 62,3 e 73,0 cm para altura e 55,8, 88,2 e 108,2 cm para diâmetro da copa em café Catuaí com 16 meses no campo, respectivamente para doses baixa, intermediária e alta de P. LACERDA et alii (1978) constataram a superioridade da dose de 40 g sobre as de 10 e 20 g aplicadas na cova. PAVAN et alii (1986) verificaram que a ausência de adubo fosfatado na cova reduz a produção nas duas primeiras colheitas. Esses autores

assinalaram também que, na formação de uma lavoura de café, a adubação fosfatada em cobertura não dispensa sua aplicação na cova.

Objetivando estudar **os** equilíbrios de P e S num LE em Machado, MG, ALVAREZ V. et alii (1987) não observaram diferenças significativas nas características vegetativas no segundo ano após o plantio do café. Já no terceiro ano, foram observados efeitos significativos para altura e diâmetro de tronco.

JONES (1960) mencionou que pesquisas conduzidas sobre adubação fosfatada do cafeeiro, no Quênia, durante **43** anos, aplicando doses de **15 a 42 lb/acre** de diversas formas, não evidenciaram aumento significativo de rendimento.

Utilizando doses de **0, 500, 1.000 e 1.500 g** de superfosfato simples por árvore/ano numa lavoura de **40** anos, em queda de produção, FRANCO et alii (1960) não observaram resposta nem aumento de rendimento.

Numa rede de experimentos conduzidos em várias regiões da Costa do Marfim, SNOECK e DUCEAU (1978) obtiveram ligeiro aumento de produção em resposta à adubação fosfatada em cinco colheitas, enquanto numa única região não houve resposta em três colheitas.

Aplicando anualmente, durante quatro anos, **0, 40, 80, 160 e 320 g** de P_2O_5 por cova, numa lavoura de cafeeiro Mundo Novo, com quatro **anos** de idade, BRAGANÇA et alii (1979) não obtiveram resposta significativa da produção, apesar de a dose maior ter proporcionado **24,6%** de aumento em relação à testemunha.

2.5. Calagem-Fósforo

Vários autores, citados por MALAVOLTA et alii (1985), observaram efeito da interação calagem x fósforo no aumento da disponibilidade de P. Num experimento conduzido em casa de vegetação com amostras de três solos de uma região de cerrado, tratadas com 110 a 416 mg de P /dm³ de fósforo e 0, 2, 4 e 8 t/ha de calcário e cultivadas com arroz, aqueles autores constataram, nos três solos, efeitos altamente significativos dos tratamentos sobre o aumento da disponibilidade de P. Da mesma forma, a interação positiva do uso de calcário e gesso sobre crescimento e produção de soja foi encontrada por GOEFFERT e FREIRE (1972), PORTO (1972), KAWASAKI et alii (1985) e, de milho, por KAMINSKI (1983).

Empregando doses de 0, 6, 12, 18 e 24 t/ha de calcário incorporado na parcela seis meses antes do plantio e, na subparcela, doses de 0, 100, 200, 300 e 400 kg/ha de P₂O₅ e cultivando soja, VIDOR e FREIRE (1972a) observaram resposta em produção mais evidente ao calcário nos tratamentos sem P. Em presença de doses altas de P, o calcário apresentou baixa relação com o rendimento. VIDOR e FREIRE (1972b) obtiveram máxima eficiência física, correspondente a 2.642 kg/ha de soja, com aplicação de 292 kg/ha de P₂O₅ e 5,40 t/ha de calcário.

Num trabalho realizado para estudar o equilíbrio P-S em presença ou ausência de calagem, ALVAREZ V. et alii (1976a) verificaram que a calagem não teve influência sobre a quantidade de P adsorvido em ambos os latossolos

utilizados. Estudando combinações de doses de P e de calcário, LIM e SHEN (1978) observaram que o P disponível não foi significativamente afetado pela calagem até o quinto cultivo, quando o P disponível foi de 23,5 e 15,1 mg/dm³, respectivamente para as doses de calcário de 3 e 6 t/ha. O teor de P nas folhas não foi afetado pela calagem.

Utilizando colunas de solo tratado com carbonato, cloreto de Ca e de Mg e gesso em várias combinações, SOPRANO (1986) observou diminuição linear de P no primeiro anel com o aumento das doses de carbonato.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia (Fundação-Agronomia) da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Viçosa localiza-se na Zona da Mata de Minas Gerais, no sudeste do Estado, a $20^{\circ}45'$ de latitude sul e $42^{\circ}51'$ de longitude oeste.

Dados de 30 anos (1931 a 1960) indicam que a pluviometria anual de Viçosa varia ao redor de **1.341** mm, sendo **os** meses de novembro a janeiro **os** mais chuvosos e **os** de maio a setembro **os** mais secos. A temperatura média aproxima-se de 19°C . O período mais frio estende-se de junho a setembro e o mais quente, de outubro a maio. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb, ou seja, clima tropical de altitude com verões frescos e chuvosos. Com base na classificação de Gaussen e Bagnouls, GALVAO (1967) inclui a região na faixa bioclimática xeroquimênica, com modalidade climática submesaxérica.

Durante a condução do experimento, de fevereiro de 1989 até julho de 1991, houve pluviosidade total de 2.813 mm, distribuídos em 995 mm para 1989, 865 mm para 1990 e 953 mm para os meses de janeiro a julho de 1991. Pode-se assinalar que, durante os dois primeiros anos, a pluviometria foi inferior à média, porém isso não afetou, aparentemente, o crescimento das plantas, as quais foram irrigadas durante o período crítico de pós-plantio. Além do mais, a distribuição mensal foi variável (Figura 1).

A caracterização química e física do solo na área experimental foi feita em amostras compostas coletadas às profundidades de 0 a 20 e de 20 a 50 cm. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm, para caracterizá-las (Quadro 1).

A preparação do solo incluiu apenas a abertura dos sulcos - utilizando arado com tração animal - e das covas, com enxadão. O tamanho dos sulcos na parcela foi de 6 x 0,5 x 0,3 m e o das covas, de 0,4 x 0,4 x 0,4 m.

Os fatores estudados, em sete níveis cada, foram calcário dolomítico, gesso e fósforo, sob a forma de superfosfatotriplo.

O calcário dolomítico apresentou 40% de CaO e 15% de MgO, com 107,8% de poder neutralizante e 86% de eficiência relativa (92,7% de PRNT). O gesso apresentou 28% de CaO e 16% de S e o superfosfatotriplo, 42% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 2%.

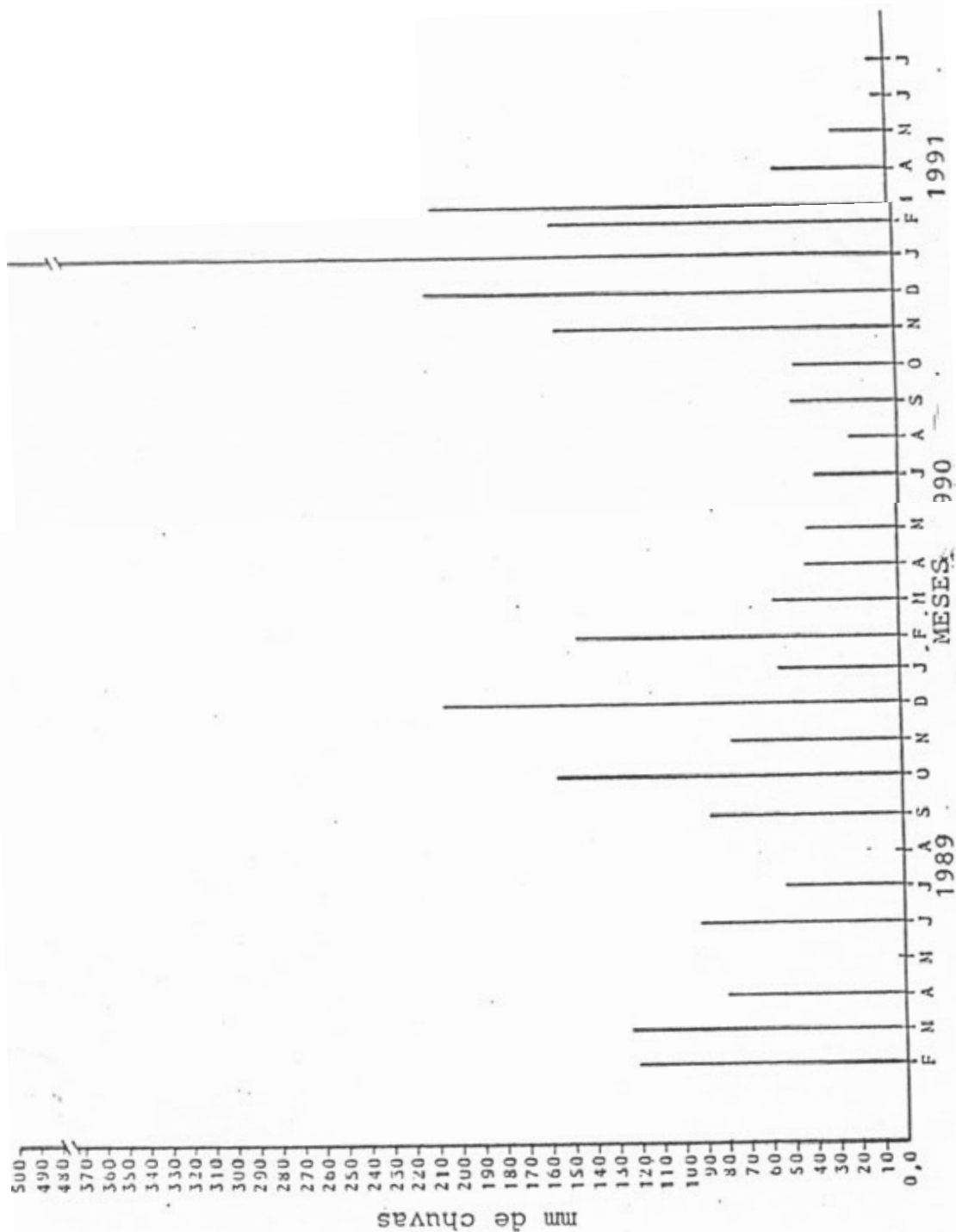


FIGURA 1 - Distribuição mensal de chuvas durante o período de condução do experimento

QUADRO 1 - Características Químicas e Físicas das Amostras do Solo do Fundação-Agronomia, às Profundidades de 0 a 20 e de 20 a 50 cm

Características	Amostras (cm)	
	0-20	20-50
Carbono orgânico (%) ^{a/}	2,1	1,5
pH-H ₂ O ^{b/}	4,8	4,6
pH-KCl	3,9	4,0
P (mg/dm ³) ^{c/}	3,3	2,0
K (mg/dm ³) ^{c/}	49	33
Ca ²⁺ (meq/100 cm ³) ^{d/}	0,36	0,30
Mg ²⁺ (meq/100 cm ³) ^{d/}	0,18	0,13
Al ³⁺ (meq/100 cm ³) ^{d/}	1,96	1,80
H+Al (meq/100 cm ³) ^{e/}	8,1	6,7
CTC efetiva (meq/100 cm ³)	2,73	2,34
CTC Total (meq/100 cm ³)	8,9	7,2
Saturação de bases (%)	8,7	7,7
Saturação de Al (%)	71	77
Argila (%) ^{f/}	47	50
Silte (%) ^{f/}	7	6
Areia fina (%) ^{f/}	27	25
Areia grossa (%) ^{f/}	19	19
.Equivalentede umidade (%) ^{g/}	29	29

a/ Método de Walkley e Black (JACKSON, 1976).

b/ Relação solo:água 1:2,5.

c/ Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

d/ Extrator KCl 1 N.

e/ Ca(OAc)₂ 1 N pH 7,0.

f/ Método da pipeta (EMBRAPA-SNLCS, 1979).

g/ Método da centrifugação (EMBRAPA-SNLCS, 1979).

A necessidade de calagem (NC) foi determinada conforme recomendação da CFSEMG (1989), utilizando-se a fórmula:

$$NC = 2,5 (Al^{3+}) + 3 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$NC = 2,5 \times 1,96 + 3 - (0,54) = 7,36 \text{ t/ha}$$

Com base na necessidade de calagem, foram definidos **os** espaços experimentais para calcário e gesso. No caso do calcário, as sete doses ficaram dentro do espaço experimental: -0,075 e 1,425 da NC, e do gesso: entre -0,05 e 0,95 da NC. Para o P, as sete doses estudadas variaram entre -16,67 e 316,67 kg/ha de P₂O₅. Assim, as doses de calcário oscilaram entre 0 e 1,35 da NC; de gesso, entre 0 e 0,90 da NC; e a de fósforo, entre 0 e 300 kg de P₂O₅.

O experimento foi constituído de 28 tratamentos (Quadro 2), sendo nos primeiros 14 incluída uma testemunha, como tratamento adicional. Nestes tratamentos, as sete doses de calcário e as sete de gesso foram combinadas de acordo com a matriz experimental Box-Bérard aumentada (3), mantendo-se constante a dose de P. Nos outros **14** tratamentos, testaram-se sete doses da mistura de calcário e gesso, na relação 3:1, e sete doses de P, combinadas segundo a mesma matriz. Também, foi incluída uma testemunha entre estes **14** tratamentos. O experimento foi estabelecido em blocos completamente casualizados, com quatro repetições. A parcela total incluiu quatro linhas de seis plantas, com espaçamento de 3 x 1 m, sendo consideradas úteis as oito plantas da parte central.

QUADRO 2 - Doses e Quantidades Aplicadas de **Calcário**, Gesso e Fósforo e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo, no Experimento

Doses		Quantidade Aplicada			
Estudo de Calcário e Gesso					
Calcário ^{a/}	Gesso	P ₂ O ₅	Calcário ^{b/}	Gesso ^{b/}	P ₂ O ₅
t/ha		kg/ha	g/planta		
2,382 ^{1/}	1,588 ^{1/}	150	198	133	45
2,382	5,558 ^{2/}	150	198	461	45
2,337 ^{2/}	1,588	150	692	133	45
2,337	5,558	150	692	461	45
0,893 ^{1/}	3,573 ^{2/}	150	74	296	45
0,767 ^{3/}	3,573	150	809	296	45
5,360 ^{2/}	0,595 ^{1/}	150	445	49	45
5,360	6,551 ^{3/}	150	445	544	45
0,000	1,588	150	0	133	45
10,719 ^{3/}	5,558	150	889	461	45
2,382	0,000	150	198	0	45
2,337	7,146 ^{3/}	150	692	593	45
5,360	3,573	150	445	296	45
0,000	0,000	150	0	0	45
Estudo da Mistura Calcário-Gesso (c) e Fósforo					
Mistura Cal-ges ^{b/}	P ₂ O ₅ ^{d/}	Mistura Cal-ges	P ₂ O ₅		
t/ha	kg/ha	g/planta			
2,541 ^{1/}	67 ^{1/}	211	20		
2,541	233	211	70		
2,893 ^{3/}	67	749	20		
2,293	233	749	70		
0,953 ^{1/}	150	79	45		
10,481 ^{3/}	150	870	45		
5,717 ^{2/}	25	474	7		
5,717	275	474	2		
0,000	67	0	20		
11,433 ^{3/}	233	949	70		
2,541	0	211	0		
2,293	300	749	90		
5,717	150	474	45		
0,000	0	0	0		

a/ : calcário com 92,7 de PRNT.

b/ : incorporados no volume de solo de 166 dm³/planta (sulco +cova).

c/ : mistura de calcário-gesso na relação 3:1, em peso.

d/ : quantidade aplicada em 3.333 covas.

1/ : doses baixas.

2/ : doses médias.

3/ : doses altas.

Foram utilizadas mudas da *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí-Vermelho CH 2077-2-5-99, provenientes do Viveiro do Departamento de Fitotecnia (Fundão) da UFV. No momento do transplante, as mudas estavam com quatro meses de idade.

Inicialmente, os corretivos foram aplicados nos 10 cm inferiores da cova, sendo esta fechada imediatamente. No sulco, os corretivos foram aplicados e misturados com o solo. Logo após essa operação, a metade da quantidade do superfosfato triplo a ser aplicada por planta foi adicionada no sulco.

A quantidade de cada material utilizado por planta foi determinada com base na quantidade correspondente do tratamento (t/ha), fazendo-se a conversão para o volume do solo da cova e do sulco.

Quinze dias após a incorporação do calcário, do gesso e da metade do superfosfato triplo, foi realizado o transplante das mudas. Abriu-se o centro da cova, aplicou-se a outra metade da dose do P como superfosfato triplo, cobrindo-a com pequena camada de solo, e colocou-se a muda.

A condução do experimento, no que se refere às adubações nitrogenada e potássica, à aplicação foliar de micronutrientes e ao controle do bicho-mineiro (*Perileuoptera coffeella*), foi feita conforme recomendações do IBC (1986).

Foram realizadas duas avaliações, aos 12 e 24 meses após a aplicação dos corretivos, incluindo-se coleta de amostras de solo e folhas e medição do crescimento. As amostras compostas de solo da parcela foram preparadas a

partir de **21** amostras simples, coletadas a 20 cm da planta e ao longo do sulco. Retiraram-se amostras compostas das camadas de 0-30, 30-50 e 50-80 cm. Foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de **2** mm. Nestas amostras, foram determinados Ca, Mg e **Al** trocáveis (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981), pH em água (relação **1; 2, 5**), **S** extraído com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ em HOAc (HOEFT et alii, 1973) e dosado por turbidimetria (CHESMIN e YIEN, 1950 e ALVAREZ v., 1974) e **P** extraído por Mehlich-1 (VETTORI, 1969) e dosado colorimetricamente (BRAGA E DEFELIPO, 1974). O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Na amostragem foliar, foram coletadas as folhas do terceiro ou do quarto par das plantas da parcela útil, as quais foram devidamente lavadas com uma solução de HCl 0,1 N e água destilada, secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 70°C, até peso constante, moídas em um moinho do tipo Wiley equipado com peneira de **20** mesh e, posteriormente, mineralizadas por via úmida, mediante a digestão nitricoperclórica. No extrato, foram determinados teores de Ca, Mg, **S** e **P**, conforme foi descrito anteriormente.

Na primeira avaliação foram medidos o comprimento de ramos ortotrópico e plagiotrópicos e o diâmetro da copa. Na segunda avaliação, mediram-se altura, número de ramos primários, diâmetro de copa, diâmetro de tronco e produção. A produção, obtida em g por planta da parcela útil, foi convertida em kg/ha, conforme normas sugeridas por BARTHOLO et alii (1988).

As análises estatísticas foram feitas, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa. Fez-se a análise de variância para cada variável dependente. Com **os 14** primeiros tratamentos, ajustou-se uma equação de regressão entre cada variável de resposta e **os** fatores calcário dolomítico e gesso. Para **os 14** restantes, **os** fatores para o ajuste foram a mistura calcário-gesso e o fósforo. A significância da resposta foi aceita até **10%** de probabilidade. Também, determinou-se a correlação linear simples entre algumas variáveis dependentes.

No intuito de facilitar a discussão, foram estabelecidos **os** conceitos de índice de lixiviação (ILX) e índice de movimentação (IMV). O índice de lixiviação foi definido como sendo a percentagem da quantidade do nutriente lixiviado da quantidade adicionada. Para isto se considerou, do perfil, uma coluna do **solo** de **100 cm²** de superfície, com **80 cm** de profundidade, correspondendo às camadas amostradas. O índice de movimentação foi definido como sendo a percentagem da quantidade de nutriente deslocado da camada superior da coluna de **solo** e retido nas camadas média e inferior, em relação à quantidade de nutriente aplicada na camada superior.

Na primeira avaliação, o índice de lixiviação foi calculado, usando-se a fórmula:

$$ILX = (QLX/QAT) \times 100,$$

sendo:

ILX = índice de lixiviação;

QLX = quantidade de nutriente lixiviado, assim calculado:

$QLX = QRT - QRC$, em que:

QRT = quantidade de nutriente retido na coluna da parcela tratada:

$$= n_2 \text{ me}4100 \text{ cm}^3 \text{ S} \times 30 + n_2 \text{ meq/} 100 \text{ cm}^3 \text{ M} \times 20 + n_2 \text{ meq/}100 \text{ cm}^3 \text{ I} \times 30,$$

S, M e I = camadas de 0 a 30 cm, de 20 a 50 e 50 a 80 cm, respectivamente, e

QRC = quantidade de nutriente retido na coluna de solo da testemunha. Foi calculada como no caso anterior do QRT; e

QAT = quantidade de nutriente aplicado na camada de 0 a 30 cm, assim calculada:

$$QAT = 30 \times \text{me}4100 \text{ cm}^3.$$

Na segunda avaliação, os valores de ILX foram calculados, usando-se a fórmula:

$$ILX = (QLX/QRT1) \times 100,$$

sendo:

$QLX = QRT1 - QRT2$, em que:

QRT1 = quantidade de nutriente retido na coluna do solo da parcela tratada, na primeira avaliação, e

QRT2 = quantidade de nutriente retido na coluna do solo da parcela tratada, na segunda avaliação.

Foram utilizadas as médias ponderadas dessas variáveis para a profundidade de 80 cm, inclusive para as quantidades aplicadas de nutriente.

O índice de movimentação foi calculado, usando-se a fórmula:

$$IMV = (QMV/QAT) \times 100,$$

sendo:

IMV = índice de movimentação; e

QMV = quantidade de nutriente movimentado, assim calculada:

$$QMV = (QRTM - QRCM) + (QRTI - QRCI),$$

em que:

QRTM = quantidade de nutriente retido na camada de 30 a 50 cm (M) da parcela tratada, assim calculada:

$$QRTM = 20 \times n^{\circ} \text{ meq}/100 \text{ cm}^3;$$

QRCM = quantidade de nutriente retido na camada de 30 a 50 cm (M) da testemunha, calculada como anteriormente;

QRTI = quantidade de nutriente retido na camada de 50 a 80 cm (I) da parcela tratada, assim calculada:

$$QRTI = 30 \times n^{\circ} \text{ meq}/100 \text{ cm}^3; \text{ e}$$

QRCI = quantidade de nutriente retido na camada de 50 a 80 cm (I) da testemunha, calculada como anteriormente.

Foram calculadas médias ponderadas dos valores de QMV para a profundidade de 50 cm. QAT foi descrito anteriormente.

A resposta das variáveis foi estudada nas doses baixas, médias e altas de um fator, em presença de doses baixas, médias e altas do outro fator.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estudo de Calcário e Gesso

4.1.1. Teores de Ca e Mg Trocáveis

As, concentrações de Ca trocável encontradas na primeira avaliação, feita aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 0,35 a 3,16, de 0,25 a 1,16 e de 0,10 a 0,91 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 3). São inferiores aos teores encontrados na literatura como sendo adequados para o crescimento normal da cultura e que são, aproximadamente, 4 meq/100 cm³ (IBC, 1987; MATIELLO, 1991). Esse fato pode ser explicado principalmente pela lixiviação e, também, pela absorção dos nutrientes pela planta. Os teores de Mg trocável variaram de 0,13 a 1,65, de 0,13 a 1,22 e de 0,12 a 0,76 meq/100 cm³, nas respectivas camadas. Esses valores

QUADRO 3 - Teores de Ca e Mg Trocáveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário (CAL) e Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Tratamentos		Ca ²⁺			Mg ²⁺		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
t/ha		meq/100 cm ³					
2,382	1,588	0,80	0,46	0,45	0,35	0,20	0,23
2,382	5,558	0,93	0,55	0,32	0,32	0,25	0,23
8,337	1,588	2,50	0,97	0,47	1,54	0,51	0,26
8,337	5,558	2,14	1,00	0,67	1,14	0,52	0,40
0,000	3,573	1,05	0,48	0,29	0,32	0,24	0,21
9,767	3,573	2,45	0,82	0,91	0,98	0,54	0,78
5,360	0,595	0,99	0,44	0,28	0,87	0,56	0,41
5,360	6,551	2,09	1,04	0,63	0,79	0,39	0,30
0,000	1,588	0,51	0,25	0,16	0,13	0,13	0,12
10,719	5,558	3,16	1,16	0,68	1,65	1,22	0,76
2,382	0,000	0,77	0,30	0,20	0,37	0,17	0,14
8,337	7,146	2,01	0,76	0,73	0,56	0,37	0,31
5,360	3,573	1,72	0,87	0,61	0,56	0,39	0,26
0,000	0,000	0,35	0,27	0,10	0,18	0,16	0,31
Média		1,52	0,67	0,46	0,70	0,40	0,33

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

caem na faixa adequada, $0,15$ a $1,00$ meq/100 cm³, com apenas algumas exceções.

Os valores de ILX de Ca variaram de 55,7 a 89,8%, com uma média de 66,1% (Quadro 4). Não foi observada relação entre os valores de ILX obtidos e o aumento das doses de calcário e de gesso. Por exemplo, houve lixiviação de 61,9% do nutriente pela aplicação de 3,91 meq de Ca/100 cm³, supridos pela adição de 10,719 t/ha de calcário junto com 5,558 t/ha de gesso, enquanto se obteve um ILX de 77,4% com a aplicação de 1,55 meq/100 cm³ do nutriente, proporcionado pela adição de 5,36 t/ha de calcário e 0,595 t/ha de gesso.

A aplicação de unicamente gesso proporcionou um ILX de 74,2%. Com base nos dados do Quadro 4, observou-se ligeiro aumento dos valores de ILX com a elevação das doses de gesso em presença das doses baixas de calcário, variando de 62,8 a 67,6%. Houve um ILX de 66,6%, proporcionado pelas doses baixas de gesso em presença de doses médias de calcário, enquanto nessa mesma condição de doses médias de calcário as doses médias e altas de gesso proporcionaram os respectivos valores de 63,3% e 67,2%. Não se notou redução do potencial de lixiviação de Ca em razão do efeito das doses de gesso com o aumento das doses de calcário nos tratamentos.

A aplicação de apenas calcário propiciou um ILX de 68,8%. Neste caso, é bem possível que o ânion acompanhante predominante para a descida do cátion seja o sulfato original do solo, cuja concentração foi relativamente elevada, como será visto posteriormente, além dos ânions cloretos e nitratos do solo e das adubações. A lixiviação do

QUADRO 4 - Doses de Calcário (CAL) e Gesso (GES), Quantidades de Ca e Mg Aplicadas (QAT) na Camada Superior, Retidas (QRT), Lixiviadas (QLX) e Movimentadas (QMV), e Índice de Lixiviação (ILX) e de Movimentação (IMV) desses Nutrientes, 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos em um LVra sob Cultura de Café^{1/}

Doses		Ca						Mg					
CAL	GES	QAT	QRT	QLX	QMV	ILX	IMV	QAT	QRT	QLX	QMV	ILX	IMV
t/ha		mg/100 cm ³						mg/100 cm ³					
		%						%					
2,332	1,533	0,94	0,59	0,59	0,29	62,80	30,42	0,33	0,26	0,29	-	87,88	-
2,337	5,553	1,68	0,61	1,31	0,24	78,00	14,52	0,33	0,26	0,29	-	87,00	-
8,337	1,533	2,53	1,36	1,41	0,50	55,73	19,84	1,17	0,80	0,59	0,11	50,43	9,40
3,337	5,558	3,27	1,31	2,20	0,63	67,28	19,39	1,17	0,70	0,69	0,20	58,97	17,10
0,893	3,573	0,91	0,63	0,52	0,20	57,14	22,00	0,12	0,25	0,09	-	75,00	-
9,767	3,573	3,29	1,47	2,06	0,71	62,61	21,58	1,37	0,79	0,80	0,43	58,39	31,39
5,360	0,575	1,55	0,59	1,20	0,18	77,42	11,35	0,75	0,62	0,40	0,22	53,33	29,33
5,360	6,551	2,66	1,28	1,62	0,63	60,90	23,69	0,75	0,51	0,29	0,09	38,66	12,00
0,000	1,588	0,31	0,08	0,23	0,03	74,19	3,80	-	-	-	-	-	-
10,719	5,553	3,91	1,73	2,42	0,70	61,89	18,00	1,51	1,21	0,52	0,69	34,43	45,96
2,332	0,000	0,64	0,44	0,44	0,07	68,75	11,25	0,33	0,23	0,32	-	97,00	-
3,337	7,146	3,71	1,22	2,73	0,57	73,58	15,36	1,17	0,42	0,97	0,08	82,90	7,18
5,360	3,573	2,11	1,10	1,25	0,72	59,24	34,12	0,75	0,40	0,57	0,06	76,00	8,27
Testemunha			0,24		0,17				0,22		0,25		
Média		2,11		1,38	0,42	66,11	18,94	0,81		0,49	0,23	67,41	20,08

1/ Médias ponderadas para uma coluna de 100 cm² e 30 cm de profundidade.

Ca aumentou ligeiramente com o incremento das doses de calcário e das doses baixas para médias, variando de 62,8 a 68,6% em presença de doses baixas de gesso. A lixiviação apresentou ligeira diminuição com o aumento das doses de calcário em presença de doses médias de gesso, correspondendo os valores de 67,57, 63,26 e 62,25% às doses baixas, médias e altas de calcário, respectivamente.

As quantidades de Ca lixiviado variaram de 0,44 a 2,73 meq/100 cm³. No tratamento em que se aplicou apenas 0,31 meq/100 cm³ de Ca, na forma de gesso, foi lixiviado 0,23 meq/100 cm³, proporcionando um ILX de 74,2%. Com apenas a aplicação do calcário, 0,64 meq de Ca/100 cm³, foi lixiviado 0,44 meq/100 cm³, correspondendo a um ILX de 68,8%. Parece interessante destacar que, com a aplicação de apenas o calcário, foi adicionado duas vezes mais Ca em comparação com a aplicação de apenas o gesso. O fato de o ILX ser maior neste último caso evidencia a importância do gesso na movimentação de cátion para as camadas mais profundas do solo. Observa-se, em geral, que a quantidade de Ca lixiviado aumentou com o incremento das doses de calcário e de gesso. Por exemplo, foram lixiviados 0,52, 0,59 e 1,2 meq/100 cm³ com a aplicação de 0,91, 0,94 e 1,55 meq/100 cm³ de Ca, enquanto foram lixiviados 1,62, 2,06 e 2,42 meq/100 cm³ com a aplicação 2,66, 3,29 e 3,91 meq/100 cm³ daquele nutriente. Essa lixiviação intensa, durante o primeiro ano após a aplicação dos tratamentos, indicou uma rápida queda da disponibilidade destes cátions, mesmo com doses elevadas de calcário, em presença, sobretudo, do gesso. Isso explica o fato de a concentração

de Ca encontrado no perfil, após 12 meses, ser inferior às concentrações sugeridas na literatura como adequadas para o cafeeiro.

As quantidades de Ca movimentado variaram de 0,03 a 0,72 e, em média, 0,42 meq/100 cm³. Os correspondentes valores de IMV oscilaram de 3,8 a 34,1% e, em média, de 18,9%. O menor valor de Ca movimentado ocorreu com a aplicação apenas de calcário.

As concentrações do cálcio trocável nas três camadas aumentaram linearmente pelo efeito das doses do calcário e, da mesma forma, pelo efeito das doses de gesso nas camadas média e inferior (Quadro 5). Com base nos coeficientes lineares, pode-se mencionar que se observou aumento do Ca trocável pelo efeito das doses de calcário na camada superior, diminuindo a partir desta para as outras duas inferiores. Por outro lado, a comparação dos coeficientes propiciados por ambos os fatores indicou a permanência no meio de maior quantidade de Ca proveniente de calcário do que de gesso, com o passar do tempo. Deve-se mencionar que a quantidade de Ca proveniente da aplicação do calcário foi bem maior em relação à quantidade do nutriente proveniente do gesso. Tem sido assinalada a não-retenção de Ca, e de outros cátions, com maior energia de ligação em solos altamente intemperizados, com carga dependente do pH (AMEDEE e PEECH, 1976). Nos valores de pH baixos, como os obtidos neste trabalho, o Ca pode estar retido, provavelmente, com fraca energia de ligação (RAIJ, 1988).

QUADRO 5 - Equações de Regressão dos Teores de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
Ca	S	$\hat{Y} = 0,432 + 0,2214^{***} C$	0,881
	M	$\hat{Y} = 0,239 + 0,0572^{***} C + 0,0438^* G$	0,814
	I	$\hat{Y} = 0,124 + 0,2003^{***} C + 0,0333^* G$	0,824
Mg	S	$\hat{Y} = 0,123 + 0,1155^{***} C$	0,767
	M	$\hat{Y} = 0,099 + 0,6118^{***} C$	0,650
	I	$\hat{Y} = 0,135 + 0,0407^* C$	0,559

S: camada de 0-30 cm; M: camada de 30-50 cm; I: camada de 50 a 80 cm
 * e ***: significativos a 5 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Vários pesquisadores observaram movimentação de Ca pelo efeito da adição das doses de calcário. RIRIE et alii (1952) verificaram pequeno aumento de Ca na camada inferior ao local de sua aplicação em colunas. QUAGGIO et alii (1982) detectaram lixiviação de Ca em uma lavoura de amendoim aos seis e 18 meses após a aplicação de até 6 t/ha de calcário e 1 e 2 t/ha de gesso, assinalando que a lixiviação pelo efeito do calcário é processo lento e gradual, o que foi confirmado por PAVAN et alii (1984). CHAVES et alii (1984), em duas lavouras de café, obtiveram aumento de Ca abaixo da camada de 30 cm de profundidade e acreditaram que o ânion carregador foi suprido pelos fertilizantes. MARTINS (1991) atribuiu a movimentação de Ca

do calcário, em seu trabalho, ao ânion HCO_3^- , que havia no meio em virtude dos altos valores de pH, mais de 6, quando utilizou a dose de 6 t/ha de calcário. Entre outros pesquisadores que observaram semelhante resposta, podem-se citar ALVES (1982), BOUTON et alii (1982), EMBRAPA-CPAC (1982), DIAS et alii (1984), ROSOLEM e MACHADO (1986) e SOPRANO (1986). Entretanto, outros autores não obtiveram essa resposta. ERNANI (1986), aplicando 4 t/ha de calcário junto com 4 t/ha de gesso na camada superficial, observou movimentação do nutriente até apenas 10 cm de profundidade. DAL BÓ (1984), trabalhando com amostras de um LEa colocadas em colunas de 90 cm de altura e de 20 cm de diâmetro, não obteve movimentação do Ca com a aplicação apenas de calcário.

O deslocamento de Ca pelo efeito de gesso é amplamente comentado na literatura. RIRIE et alii (1952) obtiveram; no lixiviado, concentração de Ca até oito vezes maior, graças ao efeito do gesso, em comparação com os teores proporcionados pelos corretivos utilizados. DAL BÓ (1984) observou distribuição uniforme de Ca na coluna de solo dos tratamentos com gesso. Trabalhando em colunas de 110 cm de altura, com amostras não deformadas, PAVAN et alii (1984) verificaram concentrações semelhantes de Ca até 100 cm de profundidade. Em trabalho realizado numa lavoura de maçã, estabelecida num Cambisol, PAVAN et alii (1987) registraram movimentação de Ca em até 80 cm de profundidade.

Os valores de ILX para o Mg variaram de 34,4 a 97%, com uma média de 67,4% (Quadro 4). Cabe assinalar que o mais baixo, 34,4%, foi proporcionado pelo tratamento que

adicionou maior quantidade de Ca e Mg: 3,91 e 1,51 meq/100 cm³, respectivamente. Isso indica possível competição entre ambos os cátions para com os ânions acompanhantes, em que leva vantagem o Ca, pela sua maior quantidade no meio. O maior ILX foi obtido com a aplicação de apenas o calcário dolomítico, que proporcionou 0,64 meq/100 cm³ de Ca e 0,33 meq/100 cm³ de Mg. Esse fato evidenciou a função do sulfato e de outros ânions do solo, como o cloreto e o nitrato das adubações, na movimentação dos cátions no perfil do solo.

Notaram-se, em geral, valores elevados de ILX do Mg com o aumento das doses de gesso em presença de doses baixas de calcário. Houve menores valores de aumento de ILX do Mg em razão do efeito das doses de gesso, em presença de doses médias de calcário. Os valores obtidos foram de 51,9; 67,5 e 60,8%, para doses baixas, médias e altas de gesso, em presença de doses médias de calcário. Pode se deduzir que o aumento das doses de calcário, nos tratamentos, reduziu o potencial do gesso na lixiviação do Mg, fato observado também para o Ca. Isso concorda com o encontrado na literatura em relação à necessidade de adicionar calcário ao gesso para compensar problemas de redução da fertilidade do solo, em virtude do efeito da lixiviação de nutrientes catiônicos provocada pelo gesso.

O ILX médio de Mg variou de 87,9 a 51,9%, respectivamente para as doses baixas e médias de calcário, em presença de doses baixas de gesso. Os valores foram de 81,4; 67,5 e 46,4%, respectivamente para doses baixas, médias e altas de calcário, em presença de doses médias de

gesso. Pode-se deduzir uma diminuição dos valores de ILX de Mg com aumento das doses de calcário nos tratamentos. Isso evidencia uma retenção de maior concentração de Mg, em razão do efeito do aumento das cargas negativas com a aplicação das doses de calcário.

QUAGGIO et alii (1982), estudando lixiviação de bases numa lavoura de amendoim, constataram que os teores de Mg diminuíram com a aplicação do gesso, principalmente nas parcelas que receberam pouco calcário. DAL BÓ (1984) observou efeitos semelhantes e atribuiu a maior mobilidade de Mg, em comparação com a do Ca, à maior solubilidade de sulfato de Mg em relação ao sulfato de Ca. ROSOLEM e MACHADO (1984) concluíram que a gessagem pode, realmente, contribuir para a melhoria da fertilidade das camadas subsuperficiais de solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica, pobre em bases e com baixa CTC. Essa prática, dependendo da dose aplicada, pode gerar desequilíbrios nutricionais, com possíveis reflexos negativos na produção. A associação de gesso e calcário pode amenizar esses efeitos.

As quantidades de Mg lixiviado variaram de 0,09 a 0,97 meq/100 cm³. Como no caso do Ca, a quantidade de Mg lixiviada aumentou com o incremento das doses de calcário. Não se observou resposta bem definida da quantidade de Mg lixiviado com o incremento das doses de gesso em presença das mesmas doses de calcário. Por exemplo, com a aplicação de 0,33 meq de Mg/100 cm³, suprido por 2,382 t/ha de calcário, houve 0,32, 0,29 e 0,29 meq/100 cm³ de Mg lixiviado com a aplicação respectiva de 0,0, 1,588 e 5,558 t/ha de gesso. A mesma tendência foi observada com a

aplicação de 5,360 t/ha de calcário. Entretanto, ocorreu apenas uma exceção com a aplicação da dose de 8,337t/ha de calcário, em que a quantidade de Mg lixiviado aumentou com o incremento das doses de gesso, ocorrendo os valores de 0,59, 0,69 e 0,97 meq de Mg/100 cm³, para as doses de 1,588, 5,558 e 7,146 t/ha de gesso, respectivamente. Isso pode ser explicado, parcialmente, pelo fato de o gesso não ser fonte de Mg, além de indicar, principalmente, que os ânions do solo original e da adubação foram, talvez, importantes também para a lixiviação do nutriente do que o sulfato aplicado.

As quantidades de Mg movimentado variaram de 0,08 a 0,69, com uma média de 0,23 meq/100 cm³. Os valores de IMV do nutriente variaram de 7,2 a 48,0%, apresentando uma média de 20%.

As concentrações do Mg trocável nas três camadas aumentaram linearmente com o efeito das doses de calcário, reduzindo o aumento da camada superior para a camada inferior. Esse efeito indica que o teor de Mg no perfil foi controlado apenas pelo Mg proveniente do calcário dolomítico, sendo o sulfato e os outros ânions os acompanhantes do sistema.

PAVAN e IGUE (1978), numa lavoura de café de 10 anos de idade, observaram movimentação de Ca e de Mg até a camada de 60 a 100 cm, em resposta à calagem. SANTINATO et alii (1979), utilizando dose de até 8 t/ha de calcário dolomítico, verificaram movimentação de Ca e de Mg da camada de 0 a 20 para a de 20 a 40 cm. Em avaliações feitas, periodicamente, em duas lavouras de até 24 e 48 meses,

CHAVES et alii (1984) constataram, num L_{Rd} aos três, seis e nove meses e num L_{Ed} aos três meses após a calagem, movimentação de Ca e de Mg abaixo da camada de 30 cm, atingindo 100 cm com a dose de 10 t/ha, sendo os valores máximos obtidos aos 12 e seis meses, respectivamente. após esse período, houve tendência para um retorno gradativo aos teores originais. VIANA et alii (1987), num experimento de campo, observaram que o Ca e o Mg apresentavam certa mobilidade no perfil relacionada com a dose de calcário utilizada.

As concentrações de Ca trocável encontradas na segunda avaliação, feita aos 24 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 0,13 a 1,10, de 0,09 a 0,54 e de 0,08 a 0,36 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 6). As concentrações de Mg variaram de 0,06 a 0,44, de 0,04 a 0,32 e de 0,09 a 0,29 meq/100 cm³, nas três respectivas camadas.

As quantidades de Ca lixiviadas variaram de 0,12 a 1,15, com média de 0,59 meq/100 cm³. Os valores de ILX de Ca oscilaram de 20,3 a 72,8%, com média de 56,9% (Quadro 7). Com base nas médias gerais, houve redução dos valores de ILX do nutriente na segunda avaliação, em comparação com a primeira, sendo os respectivos valores de 56,9 e 66,1%.

Notou-se ligeiro aumento da lixiviação em consequência do efeito das doses de gesso, em presença de doses médias de calcário, sendo os valores de ILX 46,6, 59,3 e 63% proporcionados pelas doses baixas, médias e altas de gesso, respectivamente.

QUADRO 6 - Teores de Ca e Mg Trocáveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses aplicadas		Ca ²⁺			Mg ²⁺		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
---- t/ha ----		----- meq/100 cm ³ -----					
2,382	1,588	0,33	0,21	0,14	0,21	0,16	0,13
2,382	5,558	0,57	0,41	0,25	0,18	0,21	0,17
8,337	1,588	0,55	0,29	0,25	0,35	0,22	0,23
8,337	5,558	0,87	0,53	0,35	0,40	0,31	0,27
0,893	3,573	0,37	0,29	0,20	0,20	0,19	0,16
9,667	3,573	0,60	0,40	0,30	0,34	0,29	0,22
5,360	0,595	0,69	0,27	0,16	0,44	0,26	0,20
5,360	6,551	0,43	0,36	0,33	0,22	0,18	0,18
0,000	1,588	0,22	0,12	0,08	0,13	0,10	0,09
10,719	5,558	1,10	0,54	0,36	0,34	0,32	0,25
2,382	0,000	0,23	0,11	0,11	0,19	0,11	0,10
8,337	7,146	0,83	0,43	0,33	0,34	0,30	0,29
5,360	3,573	0,60	0,32	0,26	0,30	0,22	0,21
0,000	0,000	0,13	0,09	0,10	0,06	0,04	0,13
Média		0,54	0,31	0,23	0,26	0,21	0,19

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 7 - Doses de Calcário (CAL) e de Gesso (GES), Quantidades de Ca e de Mg Retidas, 12 Meses (QRT1), e Quantidades Retidas (QRT2) e Lixiviadas (QL) e Índice de Lixiviação (ILX) desses Nutrientes, 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos em um LVra sob Cultura de Café^{1/}

Doses		Ca ²⁺				Mg ²⁺			
CAL	GES	QRT1	QRT2	QLX	ILX	QRT1	QRT2	QLX	ILX
--- t/ha ---		-- meq/100 cm ³ ---		- % -		-- meq/100 cm ³ ---		- % -	
2,382	1,588	0,59	0,23	0,36	61,00	0,26	0,17	0,09	34,61
2,382	5,558	0,61	0,41	0,20	32,79	0,26	0,18	0,08	30,77
8,893	1,588	1,36	0,37	0,99	72,79	0,80	0,27	0,53	66,25
8,893	5,558	1,31	0,59	0,72	54,95	0,70	0,33	0,37	52,86
0,893	3,573	0,63	0,29	0,34	49,27	0,25	0,18	0,07	28,00
9,767	3,573	1,47	0,44	1,03	70,07	0,79	0,28	0,51	64,56
5,360	0,593	0,59	0,47	0,12	20,34	0,79	0,30	0,49	62,02
5,360	6,551	1,28	0,38	0,90	70,31	0,40	0,20	0,20	50,00
0,000	1,588	0,32	0,14	0,18	56,25	-	-	-	-
10,719	5,558	1,73	0,58	1,15	66,47	1,21	0,30	0,91	75,21
2,382	0,000	0,44	0,16	0,28	64,64	0,23	0,14	0,09	39,13
8,337	7,146	1,22	0,54	0,68	55,74	0,42	0,31	0,11	26,19
5,360	3,573	1,10	0,40	0,70	63,64	0,40	0,25	0,15	37,50
Média				0,59	56,94			0,30	47,26

^{1/} Médias ponderada³ para uma coluna de 100 cm² e 80 cm de profundidade.

A resposta da lixiviação às doses do calcário foi semelhante à do gesso. Por exemplo, houve 41,0, 59,3 e 68,34% de lixiviação com a aplicação das doses baixas, médias e altas de calcário, em presença de doses médias de gesso.

Os teores de Ca trocável aumentaram linearmente nas três camadas, com o efeito das doses de calcário e de gesso (Quadro 8). Notou-se, nas camadas média e inferior, maior aumento com a aplicação das doses do gesso, em comparação com o aumento propiciado pela aplicação das doses de calcário. Esse fato confirma a função fundamental do gesso na lixiviação de cátions para as camadas profundas, com subsequente melhoria de seu nível de fertilidade.

As quantidades de Mg lixiviadas variaram de 0,7 a 0,91 meq/100 cm³, apresentando uma média de 0,30 meq/100 cm³. Os correspondentes valores de ILX variaram de 26,2 a 75,2%, com uma média de 47,3%. Esses valores, relativamente baixos, indicam diminuição considerável da lixiviação de Mg entre ambas as avaliações.

As concentrações do Mg trocável aumentaram linearmente com o efeito das doses do calcário nas camadas média e inferior e, de forma quadrática, com o efeito das doses de calcário na camada superior. Houve aumento linear do nutriente com a aplicação das doses de gesso, apenas na camada média.

Foi observado que as quantidades de Ca e de Mg lixiviadas relacionaram-se às quantidades dos nutrientes retidos na coluna, nesta avaliação. Fato semelhante foi notado, também, na primeira avaliação.

QUADRO 8 - Equações de Regressão dos Teores de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
Ca	S	$\hat{Y} = 0,169 + 0,0529^{***} C + 0,0316^* G$	0,784
	M	$\hat{Y} = 0,101 + 0,0190^{***} C + 0,0351 \text{---} G$	0,884
	I	$\hat{Y} = 0,083 + 0,0138^{***} C + 0,0236^{***} G$	0,952
Mg	S	$\hat{Y} = 0,099 + 0,0571 \text{---} C - 0,00318 C^2$	0,777
	M	$\hat{Y} = 0,092 + 0,0170^{***} C + 0,0092^0 G$	0,817
	I	$\hat{Y} = 0,114 + 0,0147^{***} C$	0,768

S: camada de 0-30 cm; M: camada de 30-50 cm; I: camada de 50-80 cm.
 0, * e ***: significativos a 10, 5 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Com base nas médias gerais, pode-se assinalar que as concentrações de Ca, encontradas na segunda avaliação, constituíram 35,5, 67,4 e 50% das concentrações obtidas na primeira avaliação, respectivamente para camadas superior, média e inferior. Para o Mg, os respectivos valores foram de 37, 65 e 57%. Esses resultados indicam redução considerável nas concentrações de Ca e de Mg da primeira para a segunda avaliação. A maior redução ocorreu, principalmente, na camada superior, seguida da inferior. Uma razão para esse fato acontecer na camada superior é a sua condição de principal fonte de ambos os cátions para a lixiviação nas camadas inferiores, além da absorção mais ativa desses nutrientes pelas raízes nessa camada e, também, sua

complexação pela matéria orgânica. Na camada inferior, uma provável causa seria a saída de Ca e Mg da camada do solo estudado.

4.1.2. Valores de pH e de Al Trocável

Os valores de pH, encontrados na primeira avaliação, variaram de 4,03 a 5,39, de 4,05 a 4,63 e de 3,99 a 4,36, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 9). Observou-se que os valores de pH seguiram a mesma variação que os teores do Ca trocável, nas diferentes profundidades.

No tratamento em que se aplicou apenas o gesso, na dose média, houve, na camada superior, aumento pouco expressível de pH, 0,08 unidade, em comparação com a testemunha, enquanto a dose média de calcário propiciou aumento de 0,27 unidade.

Houve aumento ligeiro de pH na camada superior, de 0,17 e 0,19 unidade, pelo efeito das doses baixas e médias de gesso, respectivamente, em presença de doses baixas de calcário. Entretanto, em presença de doses médias desse corretivo, o incremento do pH em relação ao do testemunha foi menor com o efeito da elevação das doses de gesso. Por exemplo, na camada superior, o aumento de pH foi de 0,87, 0,80 e 0,48 unidade, respectivamente para doses baixas, médias e altas de gesso.

QUADRO 9 - Valores de pH e Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		pH			AL ³⁺		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
--- t/ha ----		--- meq/100 cm ³ --					
2,382	1,588	4,20	4,10	4,07	1,30	1,43	1,37
2,382	5,558	4,19	4,38	4,12	1,65	1,49	1,34
8,337	1,588	5,39	4,63	4,36	0,27	0,85	1,11
8,337	5,558	5,20	4,42	4,28	0,30	0,84	0,96
0,893	3,573	4,24	4,17	4,18	1,59	1,69	1,47
9,767	3,573	5,33	4,56	4,34	0,13	1,00	1,05
5,360	0,595	4,41	4,25	4,20	1,06	1,28	1,28
5,360	6,551	4,54	4,30	4,22	0,46	0,99	1,05
0,000	1,588	4,11	4,05	4,03	1,48	1,66	1,58
10,719	5,558	5,24	4,52	4,29	0,19	0,44	0,94
2,382	0,000	4,30	4,06	3,99	1,27	1,68	1,58
8,337	7,146	4,48	4,30	4,19	0,54	1,09	1,19
5,360	3,573	4,46	4,32	4,20	0,80	1,20	1,31
0,000	0,000	4,03	4,06	4,11	2,01	1,97	1,53
Média		4,58	4,29	4,18	0,93	1,26	1,27

S: camada de 0-30 cm; M: camada de 30-50 cm; e I: camada de 50-80 cm.

Resultados semelhantes de diminuição de pH, em resposta à gessagem, foram obtidos por vários pesquisadores. BLACK e CAMERON (1984) atribuíram essa resposta à lixiviação de cátions pela adição das doses de gesso. PAVAN et alii (1987) também observaram diminuição de pH num Cambissolo e num Oxissolo e explicaram essa diminuição como sendo consequência da concentração elevada de Al^{3+} , cuja polimerização libera íons H^+ . MARTINS (1991) encontrou diminuição do pH na camada de 0 a 15 cm e seu aumento linear nas profundidades de 30 a 45 e 45 a 60 cm, com o incremento do gesso na mistura corretiva. Esse efeito, nas camadas inferiores, foi atribuído à lixiviação dos cátions.

O pH nas três camadas aumentou linearmente pelo efeito das doses do calcário, sendo maior o aumento da camada superior para as outras duas camadas (Quadro 10). Houve aumento quadrático da mesma variável com a aplicação das doses de gesso, nas camadas superior e média.

Observou-se, nas respectivas camadas das parcelas tratadas, diminuição do pH em relação ao pH inicial do solo, 4,60, por ocasião de sua caracterização. Houve algumas exceções, na camada superior, das parcelas tratadas com as maiores doses de calcário, como 8,337, 9,767 e 10,719 t/ha, as quais proporcionaram aumento na ordem de 0,60 a 0,73 unidade. A redução em relação ao valor inicial variou de 0,06 a 0,61, de 0,04 a 0,56 e de 0,24 a 0,61, respectivamente nas camadas superior, média e inferior e respectivas médias de 0,31, 0,33 e 0,44 unidade. Esse fato pode ser atribuído, principalmente, aos ânions cloreto e nitrato proporcionados pelas adubações, além,

QUADRO 10 - Equações de Regressão do pH e dos Teores de Al Trocável (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior, 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável Camada	Modelo	R ²
PH	S $\hat{Y} = 3,922 + 0,1286^{***} C + 0,1226^0 G - 0,0234^{**} G^2$	0,874
	M $\hat{Y} = 4,000 + 0,0419^{***} C + 0,0844^{\dagger} G - 0,01165^{\dagger} G^2$	0,813
	I $\hat{Y} = 4,059 + 0,0251^{***} C$	0,611
Al	S $\hat{Y} = 1,732 - 0,1609^{***} C$	0,396
	M $\hat{Y} = 1,788 - 0,1067^{***} C$	0,874
	I $\hat{Y} = 1,543 - 0,0552^{***} C$	0,329

S: camada de 0-30 cm; M: camada de 30-50 cm; I: camada de 50 a 80 cm.

0, †, ** e ***: significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

também, dos ânions nativos do solo. O fato de ter ocorrido maior redução de pH na camada inferior indicou que essa camada foi, possivelmente, mais influenciada pelo efeito desses ânions do que pelos ions provenientes dos tratamentos.

Os teores de Al trocável variaram de 0,13 a 2,01, de 0,44 a 1,97 e de 0,94 a 1,58 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 9). Com a aplicação de apenas o gesso, houve diminuição de 0,53, 0,31 e 0,05 meq/100 cm³ de Al trocável, nas três respectivas camadas, enquanto foram reduzidos 0,74, 0,29 e 0,05 meq/100 cm³ de Al com a aplicação apenas do calcário. Pode-se deduzir que, um ano após a aplicação dos tratamentos, não houve diminuição notável do Al trocável na

camada de **50** a 80 cm, pela aplicação apenas de um dos materiais. Também, pode-se assinalar que **as** doses de calcário utilizadas tiveram efeito residual insuficiente na camada superior, para manter baixa a concentração do Al trocável 12 meses após a aplicação dos tratamentos na camada superior. **Mas** é bem possível que, no início, a diminuição do Al trocável fosse mais efetiva, porém, depois, com **as** adubações nitrogenadas, o pH diminuiu e o Al aumentou; pois, é necessário um período de **50 a 60** dias para se neutralizar o Al trocável (BELLINGIERI et alii, 1988). Também, um prazo máximo de **100** dias foi assinalado para que ocorresse a maior mudança de pH (SOUZA et alii, 1987). Notou-se ligeira redução do Al com o aumento do gesso nos tratamentos, independentemente das doses de calcário. Essa resposta pode ser devida a possíveis reações de precipitação do Al pelo gesso. PAVAN et alii (1984), utilizando amostras de solos ácidos não cultivados, constataram que a gessagem diminui o teor do Al em todo o perfil. Atribuíram isso não ao efeito de ions lixiviados, mas ao resultado do desequilíbrio entre os ions H^+ e OH^- , induzidos pelo íon sulfato, ou seja, a autocalagem. MARTINS (1991) obteve redução do Al trocável nas camadas de **30 a 45** cm e de **45 a 60** cm, em resposta ao aumento do gesso na mistura corretiva, na dose de 6 t/ha. Resposta semelhante foi encontrada por REEVE e SUMNER (1970), ALVES (1982), DAL BÓ (1984), HAMMEL (1985), SUMNER et alii (1986) e FARINA e CHANNON (1988).

Observou-se diminuição da quantidade de Al trocável neutralizado com o aumento das doses de gesso, em presença de doses baixas de calcário. Entretanto, houve aumento na

neutralização de Al trocável pela elevação das doses de gesso na camada superior, em presença de doses médias de calcário, sendo os valores de 1,32, 1,46 e 1,51 meq de $Al^{3+}/100\text{ cm}^3$, de acordo com as doses baixas, médias e altas de gesso. Esses efeitos não foram marcantes nas camadas média e inferior.

Os teores de alumínio trocável diminuíram linearmente nas três camadas, em razão do efeito das doses do calcário (Quadro 10). Observou-se maior diminuição da concentração deste cátion na camada superior.

Os valores de pH encontrados na segunda avaliação, feita 24 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 4,00 a 5,04, de 3,49 a 4,57 e de 4,05 a 4,59, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 11). Houve pouca variação entre os valores obtidos nas duas avaliações. Na parcela tratada com apenas o gesso, houve aumento do pH de 0,27, 0,11 e 0,14 unidade, respectivamente nas camadas superior, média e inferior, em relação à testemunha. Com a aplicação de apenas o calcário, os respectivos incrementos foram de 0,23, 0,11 e 0,04 unidade.

Nas doses baixas de calcário houve aumento de pH com o incremento das doses de gesso. Por exemplo, na camada superior, o aumento passou de 0,16 para 0,32 unidade, com a elevação das doses de gesso de baixas para médias. Porém, em presença de doses médias de calcário, ocorreu menor aumento do pH, na camada superior, em razão do efeito do incremento das doses de gesso, sendo os aumentos de 0,64, 0,66 e 0,50 unidade para doses baixas, médias e altas de gesso,

QUADRO 11 - Valores de pH e Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		pH			Al ³⁺		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
--- t/ha ----		- meq/100 cm ³ --					
2,382	1,588	4,16	4,17	4,11	1,34	1,26	1,07
2,382	5,558	4,32	4,25	4,16	1,14	1,21	1,19
8,337	1,588	4,50	4,40	4,33	1,13	0,99	0,97
8,337	5,558	4,87	4,53	4,40	0,54	0,91	0,80
0,893	3,573	4,31	4,23	4,23	1,36	1,25	0,98
9,767	3,573	4,31	3,49	4,46	1,04	0,85	0,94
5,360	0,595	4,78	4,41	4,30	0,70	1,10	0,94
5,360	6,551	4,32	4,34	4,35	1,20	1,15	0,97
0,000	1,588	4,27	4,26	4,19	1,40	1,45	1,21
10,719	5,558	5,04	4,57	4,47	0,60	0,87	0,89
2,382	0,000	4,23	4,26	4,09	1,56	1,28	1,42
8,337	7,146	4,67	4,41	4,59	1,21	1,27	1,16
5,360	3,573	4,45	4,41	4,30	1,14	1,20	1,24
0,000	0,000	4,00	4,15	4,05	1,74	1,38	1,29
Média		4,44	4,28	4,27	1,15	1,15	1,08

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

respectivamente. Entretanto, nas camadas média e inferior, ocorreu o inverso, ou seja, aumento do pH com a elevação das doses de gesso.

É sabido que, com a aplicação do gesso, ocorre troca do ion OH^- pelo sulfato. O aumento do pH pelo gesso indica maior concentração de OH^- no meio, em relação ao ion H^+ liberado por minerais de hidroxyl-Al ou hidrólise de Al, conforme indicaram Couto et alii (1979), citados por RITCHEY et alii (1980), e FARINA e CHANNON (1988). Essa resposta difere da obtida nos tratamentos que incluíram gesso e calcário, ocorrendo diminuição do incremento dos valores do pH com o aumento das doses de gesso.

O pH aumentou linearmente em razão do efeito das doses do calcário nas camadas superior e inferior; da mesma maneira, pelo efeito do gesso na camada inferior (Quadro 12). Houve maior aumento na camada superior, seguida da camada inferior, tendo o menor aumento ocorrido na camada média.

Na segunda avaliação, o teor de Al trocável variou de 0,54 a 1,74, de 0,87 a 1,45 e de 0,80 a 1,42 meq/100 cm^3 , respectivamente nas camadas superior, média e inferior. No tratamento em que foi aplicado apenas o gesso, houve redução de 0,3 e 0,08 meq/100 cm^3 de Al trocável, respectivamente nas camadas média e inferior, em relação à testemunha. Houve reduções de 0,18, 0,10 e 0,13 meq/100 cm^3 da concentração desse cátion em consequência do efeito apenas do calcário, nas três respectivas camadas.

Em presença de doses baixas de calcário, houve reduções de 0,4, 0,12 e 0,22, 0,49, 0,15 e 0,21 meq de

QUADRO 12 - Equações de Regressão dos Valores do pH e dos Teores de Al Trocável (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
pH	S	$\hat{Y} = 4,150 + 0,0593^{***} C$	0,553
	M	$Y = \bar{Y} = 4,28$	
	I	$\hat{Y} = 4,064 + 0,03^{***} C + 0,0225^* G$	0,850
Al	S	$Y = 1,497 - 0,0698^{**} C$	0,553
	M	$\hat{Y} = 1,375 - 0,0442^{**} C$	0,757
	I	$\hat{Y} = 1,224 - 0,0298^* C$	0,384

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; I: camada de 50 a 80 cm.

*, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Al/100 cm³, causadas pelo efeito das doses baixas e médias do gesso, nas três respectivas camadas. Notou-se, em geral, diminuição do Al trocável pelo aumento das doses de gesso, na camada superior, em presença de doses médias de calcário, sendo eliminados 0,32, 0,90 e 0,57 meq/100 cm³ pelas doses baixas, médias e altas de gesso. A redução da concentração do Al trocável reduzido diminuiu com o incremento das doses de gesso, nas camadas média e inferior.

As concentrações do Al trocável diminuíram linearmente com o efeito das doses do calcário, nas três camadas (Quadro 12).

4.1.3. Teores de S e P Disponíveis

Os teores de S disponível, encontrados na primeira avaliação feita aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 20,9 a 77,6, de 19,8 a 85,5 e de 16,3 a 52,2 mg/dm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 13). As quantidades de S lixiviadas (dados não apresentados) variaram de 22,8 a 139,7 mg/dm³, correspondendo a valores de ILX de 47,8 a 100,0%. Em presença de doses médias de calcário, observou-se relação direta entre a lixiviação de S e a do Ca proporcionada pela adição das doses de gesso, em presença de doses médias de calcário. Também, não foi observada resposta de lixiviação do S à aplicação das doses de calcário.

Os teores de S disponível aumentaram linearmente nas camadas média e inferior e, quadraticamente, na camada superior, em razão do efeito da aplicação de doses crescentes do gesso (Quadro 14). Os teores de S aumentaram linearmente com o efeito das doses de calcário, na camada média. Esse efeito do calcário evidencia o ocorrido na camada superficial, onde foi aplicado junto com o gesso. Pois, a diminuição do número de cargas positivas provocada pelo efeito do calcário diminuiria a adsorção do sulfato nessa camada, o que facilitaria, conseqüentemente, sua movimentação para as camadas inferiores, resultando, nesse caso, em seu possível acúmulo na camada inferior.

QUADRO 13 - Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Cafe

Doses		S			P		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
--- t/ha ---		----- mg/dm ³ -----					
2,382	1,588	38,42	31,43	21,00	10,56	2,18	0,83
2,382	5,558	64,52	54,74	33,33	7,89	1,66	1,28
8,337	1,588	44,28	24,37	19,47	13,39	2,63	0,79
8,337	5,558	66,17	85,59	50,19	8,58	2,54	1,61
0,893	3,573	62,98	40,41	38,27	7,28	1,88	1,23
9,767	3,573	75,30	66,16	32,69	8,49	2,64	1,35
5,360	0,595	25,13	21,20	16,28	8,57	1,84	1,09
5,360	6,551	77,62	80,92	40,96	8,56	2,48	1,25
0,000	1,588	37,04	27,09	21,67	9,09	2,53	1,57
10,719	5,558	75,13	80,08	52,23	8,22	2,30	1,15
2,382	0,000	20,90	18,67	18,06	10,33	3,58	1,43
8,337	7,146	58,35	67,10	47,39	7,83	4,49	2,04
5,360	3,573	59,59	35,96	45,50	7,35	2,84	1,87
0,000	0,000	23,01	19,78	20,34	5,43	2,12	1,11
Média		52,03	46,68	31,33	9,23	2,55	1,27

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 14 - Equações de Regressão dos Teores de S Disponível (mg/dm^3) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Camada	Modelo	R ²
S	$\hat{Y} = 18,186 + 18,5927^{***} G - 1,67375^{***} G^2$	0,909
M	$\hat{Y} = 12,154 + 1,5769^* C + 7,9337^{***} G$	0,854
I	$\hat{Y} = 17,149 + 4,6780^{**} G$	0,790

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

*, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidades.

Os teores de P, encontrados na primeira avaliação, foram baixos, variando de 5,43 até 10,56 mg/dm^3 , na camada superior; de 1,66 a 3,58, na camada média; e de 0,60 a 2,04 mg/dm^3 , na camada inferior (Quadro 13). Considerando a dinâmica de P no solo, caracterizada pela sua rápida adsorção As cargas positivas do complexo de troca, e, também, a transformação de formas lábeis em menos lábeis, esse fato pode indicar que o período de 12 meses para se fazer a Primeira avaliação é demasiado longo. Não foi notado sintoma de deficiência de P, nem um provável efeito negativo sobre o crescimento vegetativo, o que indica um possível coeficiente elevado de utilização biológica (BARROS et alii, 1986) de P pelo cafeeiro.

Com base nas médias gerais obtidas na segunda avaliação, feita 24 meses após a aplicação dos tratamentos, observou-se distribuição uniforme do enxofre disponível entre as camadas (Quadro 15).

QUADRO 15 - Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		S			P		
CAL	GES	S	M	I	S	M	I
t/ha		mg/dm ³					
2,382	1,588	30,83	32,50	31,43	3,37	2,01	0,65
2,382	5,558	45,24	46,59	41,15	3,46	1,99	1,48
8,337	1,588	35,17	31,66	30,79	3,28	1,73	1,11
8,337	5,558	55,41	55,67	51,82	5,71	2,28	1,39
0,893	3,573	43,68	48,67	42,22	2,61	1,38	1,64
9,767	3,573	53,20	50,75	45,88	2,82	1,16	0,98
5,360	0,595	25,69	25,95	28,50	3,39	0,91	1,12
5,360	6,551	36,19	48,99	47,74	2,45	1,29	1,07
0,000	1,588	34,55	31,67	31,87	4,94	1,91	1,33
10,719	3,558	42,83	27,18	41,12	4,40	2,37	2,04
2,382	0,000	26,58	34,07	28,90	3,84	1,63	1,79
8,337	7,146	50,34	52,94	48,54	3,84	1,93	1,88
5,360	3,573	41,46	35,21	32,99	5,37	4,70	2,02
0,000	0,000	26,76	28,03	30,59	2,21	1,69	2,10
Media		39,21	39,27	38,11	3,69	1,85	1,47

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50; e I: camada de de 50 a 80 cm.

As concentrações do S disponível aumentaram linearmente pelo efeito do gesso nas camadas média e inferior e, quadraticamente, na camada superficial (Quadro 16).

Os teores de fósforo disponível foram muito baixos, inferiores a 6 mg/dm^3 . Como na primeira avaliação, nenhum fator apresentou destaque como determinante para modificar a disponibilidade do fósforo nas três camadas.

Cabe assinalar que os teores de S foram muito elevados, como se pode observar pelas concentrações do nutriente na parcela não-tratada. Uma única possível causa disso seria o acúmulo de S, na área, proveniente da biomassa da floresta que ocupou a área e foi desnatada apenas 24 meses antes do estabelecimento do experimento, como primeira exploração agrícola desenvolvida.

QUADRO 16 - Equações de Regressão dos Teores de S Disponível (mg/dm^3) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Camada	Modelo	R ²
S	$\hat{Y} = 24,343 + 8,1704^{***} G - 0,7402^* G^2$	0,722
M	$\hat{Y} = 29,044 + 3,0840^* G$	0,507
I	$\hat{Y} = 28,264 + 2,9675^{***} G$	0,786

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

* e ***: significativos a 5 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

4.1.4. Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas

Os teores de Ca, Mg, S e P nas folhas, encontrados na primeira avaliação, apresentaram pouca variação (Quadro 17). As concentrações de Ca e Mg não estão incluídas nas faixas consideradas adequadas para uma boa nutrição do cafeeiro pelo IBC (1989), citado por MATIELLO (1991), respectivamente de 1,0 a 1,5% e de 0,35 a 0,50%. Diferiram, também, dos teores encontrados, principalmente para o Ca, por GARCIA et alii (1983), IBEC (s.d.), citado por MALAVOLTA (1986). Entretanto, assemelham-se aos obtidos em casa de vegetação por SOPRANO (1986), quais foram de 0,68 a 1,28% para o Ca, 0,28 a 0,43% para o Mg, 0,11 a 0,17% para o S e 0,09 a 0,18% para o P. Isso pode ser explicado, em parte, pela redução da concentração dos nutrientes na rizosfera, como consequência de sua lixiviação, exceto o P, cuja diminuição se deve à provável transformação do nutriente em formas não-lábeis (BERG e THOMAS, 1959).

Houve ajuste de regressão apenas para os teores de Ca nas folhas. O nutriente aumentou e logo diminuiu, de maneira raiz-quadrática, pelo efeito das doses de calcário, conforme expressa a equação:

$$\text{Ca}(\%) = 0,573 + 0,09506 * C^{0,5} - 0,0223 C$$

$$R^2 = 0,50$$

Com base em cálculos feitos a partir dos dados obtidos na segunda avaliação (Quadro 18), observa-se que os teores de Ca nas folhas tiveram ligeiro aumento, causado pelo efeito da adição das doses do gesso em presença de

QUADRO 17 - Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros, 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Nutrientes			
CAL	GES	Ca	Mg	S	P
t/ha		%			
2,382	1,588	0,72	0,21	0,22	0,13
2,382	5,558	0,66	0,25	0,21	0,13
8,337	1,588	0,67	0,27	0,20	0,14
8,337	5,558	0,66	0,26	0,21	0,14
0,893	3,573	0,62	0,28	0,17	0,14
9,767	3,573	0,62	0,30	0,21	0,14
5,360	0,595	0,65	0,32	0,17	0,15
5,360	6,551	0,69	0,28	0,19	0,15
0,000	1,588	0,64	0,25	0,22	0,15
10,719	5,558	0,66	0,32	0,21	0,13
2,382	0,00	0,65	0,28	0,22	0,14
8,337	7,146	0,68	0,35	0,23	0,14
5,360	3,573	0,66	0,28	0,21	0,14
0,000	0,000	0,51	0,25	0,16	0,13
Média		0,64	0,28	0,20	0,14

doses médias de calcário, mas ocorrendo também o inverso. Os teores de Mg foliar aumentaram em razão do efeito das doses de calcário em presença das doses médias de gesso. Também, o S apresentou ligeiro aumento com o efeito do gesso, sendo a resposta mais evidente quando as doses de gesso foram acompanhadas com doses baixas de calcário. Não se observou resposta significativa dos teores foliares de P à adição das doses de calcário e de gesso.

Os teores de cálcio nas folhas aumentaram linearmente com o efeito das doses de calcário e de gesso (Quadro 19). Os teores Mg aumentaram linearmente em razão do efeito das doses de calcário. Os teores de S diminuíram, segundo o modelo raiz-quadrático, pela aplicação de gesso. As concentrações de P aumentaram linearmente em virtude do efeito das doses de calcário, enquanto diminuíram, quadraticamente, com a aplicação de gesso.

Cabe assinalar que os valores relativamente baixos dos coeficientes de determinação (R^2) indicam que outros fatores tiveram participação na variação dos teores dos nutrientes determinados.

As concentrações de Ca e de Mg nas folhas mostraram correlação positiva com os teores de Ca e Mg trocáveis das três camadas do solo e de S disponível na camada média (Quadro 20). O S foliar teve correlação positiva com os teores de Ca e Mg trocáveis das camadas média e inferior e, também, com as concentrações de S das três camadas (superior, média e inferior).

QUADRO 18 - Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros, 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Nutrientes			
CAL	GES	Ca	Mg	S	P
t/ha		%			
2,382	1,588	0,58	0,38	0,17	0,15
2,382	5,558	0,67	0,41	0,22	0,14
8,337	1,588	0,63	0,47	0,21	0,16
8,337	5,558	0,66	0,55	0,22	0,16
0,893	3,573	0,52	0,39	0,28	0,16
9,767	3,573	0,53	0,46	0,26	0,16
5,360	0,595	0,55	0,58	0,20	0,20
5,360	6,551	0,61	0,43	0,25	0,16
0,000	1,588	0,49	0,27	0,23	0,15
10,719	5,558	0,83	0,58	0,25	0,16
2,382	0,000	0,53	0,43	0,12	0,16
8,337	7,146	0,71	0,46	0,25	0,22
5,360	3,573	0,55	0,39	0,28	0,15
0,000	0,000	0,34	0,22	0,12	0,14
Média		0,64	0,43	0,22	0,16

QUADRO 19 - Equações de Regressão dos Teores de Ca, Mg, S e P (%) nas Folhas de Cafeeiros, 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (C) e de Gesso (G) (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Modelo	R ²
Ca	$\hat{Y} = 0,441 + 0,0141C + 0,0224^{**}G$	0,428
Mg	$\hat{Y} = 0,321 + 0,0219^{***}C$	0,612
S	$\hat{Y} = 0,117 + 0,11548^{**}G^{0,5} - 0,02554^{***}G$	0,785
P	$\hat{Y} = 0,162 + 0,0027^{***}C - 0,0156G + 0,00231^{*}G^2$	0,413

*, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 20 - Coeficientes de Correlação Linear Simples (r) para os Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas (%) de Cafeeiros, com as Concentrações de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³), S e P Disponíveis (mg/dm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico e de Gesso (t/ha) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	CaF	MgF	SF	PF
Ca	S	0,764 ^{**}	0,856 ^{**}	0,523	0,409
	M	0,767 ^{**}	0,803 ^{**}	0,623 [*]	0,172
	I	0,690 ^{**}	0,742 ^{**}	0,674 ^{**}	0,187
Mg	S	0,567 [*]	0,829 ^{**}	0,375	0,520
	M	0,739 ^{**}	0,873 ^{**}	0,5865 [*]	0,427
	I	0,765 ^{**}	0,864 ^{**}	0,611 [*]	0,459
S	S	0,437	0,496	0,713 ^{**}	0,038
	M	0,536 [*]	0,558 [*]	0,639 [*]	0,136
	I	0,463	0,502	0,543 [*]	0,108
P	S	0,328	0,314	0,434	0,311
	M	0,146	0,026	0,434	-0,021
	I	0,019	-0,118	0,044	0,296

S: camada de 0 a 50 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 90 cm.

* e **: significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

4.1.5. Crescimento do Cafeeiro

Os dados de comprimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos e diâmetro da copa, medidos na primeira avaliação (Quadro 21), não mostraram efeito significativo dos tratamentos. Fato semelhante de resposta pouco expressiva do crescimento do cafeeiro à aplicação de adubo foi relatado na literatura (EPAMIG, s.d., citada por FREIRE et alii, 1984; ALVAREZ V. et alii, 1987). Os últimos autores citados obtiveram efeito especialmente de calagem em avaliações posteriores.

Não foi possível ajustar a regressão entre os valores obtidos e os fatores em estudo, calcário e gesso.

As variáveis altura e diâmetro da copa, medidas na segunda avaliação feita aos 24 meses após a aplicação dos tratamentos, propiciaram valores com pouca variação para as doses altas, médias e baixas de calcário e gesso (Quadro 22). Assim, não foram apresentados os dados de número de ramos primários e diâmetro do tronco, que acusaram, respectivamente, valores de 42 a 47 e de 2,8 a 3,2 cm. Também, essas duas últimas variáveis foram excluídas das análises. A produção estimada variou de 567 a 742 e com uma média de 654,7 kg/ha de café beneficiado. O aumento da produção, em relação à testemunha, variou de 15 a 175 kg/ha, correspondendo a um máximo de 30%. A adição de unicamente gesso, na dose de 1,588 t/ha, proporcionou incremento de 6,8%. Houve aumento de produção de 4,8, 19,8 e 29,6%, de acordo com doses baixas, médias e altas de gesso.

QUADRO 21 - Comprimento de Ramos Ortotrópicos (RO) e Plagiotrópicos (RP) e Diâmetro de Copa (DCO), 12 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de Gesso (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Crescimento		
CAL	GES	RO	RP	DCO
t/ha		cm		
2,382	1,588	41,98	38,89	83,80
2,382	5,558	43,98	39,41	82,85
8,337	1,588	43,88	41,46	71,26
8,337	5,558	45,26	42,57	83,12
0,893	3,573	46,44	44,76	89,25
9,787	3,573	42,41	41,94	84,74
5,360	0,595	43,07	43,46	85,75
5,360	6,551	40,35	38,68	81,25
0,000	1,588	45,90	42,56	86,35
10,719	5,558	42,50	44,13	83,69
2,382	0,000	44,91	43,44	83,69
8,337	7,146	42,82	50,93	81,75
5,360	3,573	42,03	41,33	84,52
0,000	0,000	44,79	43,09	87,46
Média		43,59	42,62	83,53

QUADRO 22 - Valores de Altura (ALT), Diâmetro de Copa (DCO) e Produção de Café Beneficiado (PRO), 24 Meses após a Aplicação das Doses de Calcário Dolomítico (CAL) e de (GES) em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Variáveis		
CAL	GES	ALT	DCO	PRO ^{1/}
t/ha		cm		kg/ha
2,382	1,588	98,50	88,75	608
2,382	5,558	105,25	87,00	702
2,337	1,588	108,50	91,50	719
8,337	5,558	107,75	90,25	774
0,893	3,573	111,00	94,25	677
9,667	3,573	106,50	89,50	626
5,360	0,595	109,00	89,50	521
5,360	6,551	104,75	92,00	744
0,000	1,588	107,50	86,50	550
10,719	5,558	96,75	87,50	683
2,382	0,000	106,25	89,25	695
8,337	7,146	109,75	92,25	758
5,360	3,573	102,00	86,06	610
0,000	0,000	105,75	87,37	529
Média		105,66	89,40	613

1/: café beneficiado.

Não foi possível ajustar os dados de altura e diâmetro de copa com as doses de calcário e de gesso. A produção aumentou linearmente em razão do efeito das doses de gesso, conforme a equação:

$$Y = 567 + 24,5557^{**} G \quad (R^2 = 0,503)$$

Com base neste ajuste, pode-se assinalar maior destaque do gesso na produção em comparação com o calcário. O aumento do rendimento pelo gesso pode ser devido a um aproveitamento melhor pela planta do Ca e do Mg das camadas profundas do que do S, cuja concentração no solo foi elevada, bem superior à considerada adequada, que é de 20 a 25 mg/dm³ (MATIELLO, 1991). Resultado semelhante foi obtido por Freitas et alii (1972), citados por GUIMARAES e LOPES (1986), FREIRE et alii (1986) e VIANA et alii (1987).

A produção de café não aumentou significativamente em resposta ao calcário. Isso faz lembrar o trabalho de CHAVES et alii (1984), pesquisadores que, aplicando doses de até 10 t/ha de calcário em duas lavouras, observaram, em ambos os solos, aumento significativo nas produções anuais e acumuladas de café com a dose mais baixa (2.5 t/ha), diminuindo ainda mais com as maiores doses do corretivo. Para o LEd, a queda da produção foi maior com a dose máxima de calcário do que a redução em virtude da acidez. Kamprath (1971), citado por CHAVES et alii (1984), notou efeito negativo na produção agrícola, em razão da calagem pesada em solos de baixa CTC.

4.2. Estudo de Calcário-Gesso e de P

4.2.1. Teores de Ca e de Mg Trocáveis

Os teores de Ca^{2+} , 12 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 0,25 a 2,28, de 0,14 a 0,68 e de 0,05 a 0,49 meq/100 cm^3 , respectivamente nas camadas superior, media e inferior (Quadro 23). Para o Mg, na mesma avaliação, as concentrações oscilaram de 0,11 a 0,96, de 0,10 a 0,41 e de 0,09 a 0,44 meq/100 cm^3 . Os teores de Ca são inferiores aos assinalados como adequados para um bom desenvolvimento da cultura (IBC, 1987; MATIELLO, 1987).

Os valores de ILX de Ca variaram de 52,4% a 80,3%, apresentando uma media de 69,6% (Quadro 24). Houve aumento da lixiviação do nutriente pelo incremento das doses da mistura, em presença de doses baixas de P, sendo os valores de 52,4; 78,8 e 77%, respectivamente para doses baixas, medias e altas da mistura. Observou-se certa diminuição dos valores de ILX com o incremento das doses de P nos tratamentos. Por exemplo, foram obtidos valores de ILX de 78,9 e 70,4% com a aplicação de doses medias da mistura em presença de doses baixas e altas de P. Esse fato pode ser explicado, parcialmente, pelo possível aumento da formação de compostos de fosfatos de Ca com o incremento das doses de P, reduzindo, assim, a concentração de Ca trocável na camada superficial, onde foram aplicados o P e a mistura calcário-gesso.

QUADRO 23 - Teores de Ca e de Mg Trocáveis nas Camadas Superior (S), Media (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura Calcário e Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um Lvrã sob Cultura de Café

Doses		Ca^{2+}			Mg^{2+}		
MCG ^{1/}	P_2O_5	S	M	I	S	M	I
t/ha	kg/ha	----- meq/100 cm ³ -----					
2,541	67	0,67	0,44	0,23	0,30	0,18	0,27
2,541	233	1,00	0,68	0,39	0,38	0,22	0,14
8,893	67	1,12	0,51	0,27	0,30	0,26	0,16
8,893	233	1,72	0,62	0,34	0,65	0,36	0,19
0,953	150	0,48	0,15	0,12	0,18	0,41	0,09
10,481	150	1,32	0,68	0,49	0,59	0,41	0,44
5,717	25	0,79	0,27	0,23	0,40	0,23	0,18
5,717	275	0,93	0,44	0,30	0,44	0,24	0,17
0,000	67	0,19	0,24	0,08	0,11	0,10	0,11
11,433	233	2,28	0,67	0,35	0,96	1,53	0,27
2,541	0	0,40	0,25	0,17	0,24	0,27	0,25
8,893	300	1,06	0,44	0,23	0,60	0,39	0,27
5,717	150	1,02	0,41	0,20	0,54	0,35	0,24
0,000	0	0,25	0,14	0,05	0,13	0,11	0,15
Media		0,94	0,42	0,25	0,42	0,36	0,21

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

1/ Mistura de calcário dolomítico e gesso (3:1).

QUADRO 24 - Doses da Mistura Calcário-Gesso e P_2O_5 , Quantidades de Ca e de Mg Aplicadas (QAT) na Camada Superior, Retidas (QRT), Lixiviadas (QLX) e Movimentadas (QMV), e Índices de Lixiviação (ILX) e de Movimentação (IMV) desses Nutrientes, 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Ca ²⁺						Mg ²⁺					
MCG	P ₂ O ₅	QAT	QRT	QLX	QMV	ILX	IMV	QAT	QRT	QLX	QMV	ILX	ILV
t/ha	kg/ha	----- meq/cm ³ -----				----- % -----		----- meq/cm ³ -----				----- % -----	
2,541	h7	0,63	0,45	0,33	0,23	52,38	36,50	0,27	0,26	0,14	0,10	52,78	37,10
2,541	233	0,63	0,69	-	-	-	-	0,27	0,25	0,15	0,04	55,55	14,81
8,893	67	2,23	0,65	1,73	0,28	77,00	12,55*	0,94	0,24	0,83	0,07	88,56	7,02
9,893	233	2,23	0,93	1,45	0,28	65,00	20,18	0,94	0,41	0,66	0,12	70,48	13,19
0,953	150	0,24	0,26	0,13	0,13	54,17	55,00	0,10	0,20	0,07	0,08	70,00	84,00
10,481	150	2,60	0,85	1,90	0,41	73,00	15,77	1,10	0,49	0,74	0,29	67,5	26,73
5,517	25	1,42	0,45	1,12	0,16	78,87	11,27	0,60	0,28	0,45	0,07	75,42	11,67
5,517	275	1,42	0,57	1,00	0,27	70,42	19,01	0,60	0,29	0,44	0,06	73,75	10,00
0,000	67 ^{2/}												
11,453	233	2,83	1,15	1,82	0,39	64,40	13,85	1,21	0,84	0,50	0,64	41,32	52,89
2,541	0	0,63	0,28	0,50	0,17	79,37	26,98	0,27	0,25	0,15	0,12	55,55	44,44
8,893	300	2,23	0,59	1,79	0,23	80,27	10,31	0,94	0,42	0,65	0,18	69,14	19,57
5,717	150	1,42	0,56	1,00	0,20	70,42	14,08	0,60	0,38	0,35	0,15	58,33	25,00
Média		1,54		1,16	0,28	69,57	21,41	0,74		0,43	0,16	64,87	28,87
Testemunha				0,15	0,09					0,13	0,13		

1/ Médias ponderadas para uma coluna de 100 cm² e 90 cm de profundidade.

2/ Não considerado.

* Casos em que a quantidade encontrada é maior do que a aplicada.

As quantidades de Ca lixiviado variaram de 0,13 a 1,79 meq/100 cm³, havendo uma média de 1,16 meq/100 cm³. As quantidades de Ca lixiviado aumentaram com o incremento das doses da mistura de calcário e gesso. Não foi observada resposta da lixiviação de Ca ao aumento das doses de P, em presença de uma dose única da mistura. Por exemplo, a quantidade de Ca lixiviado foi de 1,73, 1,45 e 1,79 meq/100 cm³ com a aplicação de 8,893 t/ha da mistura, em presença de 67, 233 e 300 kg de P₂O₅/ha, respectivamente.

As quantidades de Ca movimentado variaram de 0,13 a 0,45 meq/100 cm³, apresentando uma média de 0,28 meq/100 cm³. Os valores correspondentes de IMV oscilaram de 11,3 a 55,0%, com média de 21,4%.

As concentrações de cálcio trocável aumentaram linearmente em razão do efeito da adição das doses da mistura calcário-gesso nas três camadas (Quadro 25); observou-se que permaneceu maior quantidade na camada superior.

Os valores de ILX de Mg variaram de 41,3 a 88,6%, com média de 64,9%. Não foi observada lixiviação diferencial do nutriente em resposta aos tratamentos. Além do mais, o menor ILX foi obtido com a aplicação da maior quantidade de Mg, 1,21 meq/100 cm³, junto, também, com a maior quantidade de Ca. Esse fato, difícil de ser explicado em relação à alta solubilidade reconhecida das sais de Mg, indicou que, em presença de quantidade elevada de Ca, pode ocorrer certa competição entre o Ca e o Mg para os ânions acompanhantes, na qual o Mg levaria desvantagem, pois foi menor a sua quantidade no meio.

QUADRO 25 - Equações de Regressão, dos Teores de Ca e de Mg Trocáveis ($\text{meq}/100 \text{ cm}^3$) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$) em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
Ca	S	$\hat{Y} = 0,267 + 0,1276^{***} \text{ MCG}$	0,774
	M	$Y = 0,223 + 0,0359^{***} \text{ MCG}$	0,540
	I	$\hat{Y} = 0,132 + 0,0229^{***} \text{ MCG}$	0,559
Mg	S	$\hat{Y} = 0,141 + 0,0518^{***} \text{ MCG}$	0,824
	M	$Y = 0,080 + 0,0530^o \text{ MCG}$	0,352
	I	$\hat{Y} = Y = 0,36$	

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

o e ***: significativos a 10 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Com base nas médias, a lixiviação de Mg foi ligeiramente inferior à de Ca, sendo os respectivos valores de ILX 64,9 e 69,6%. Entretanto, isso não sugeriu um maior potencial de lixiviação de Ca em relação ao Mg. Pois, essa pequena vantagem, apenas de 4,7%, pode ser atribuída à adição de duas vezes mais Ca em relação ao Mg, posto que foram aplicados, em média, 1,54 e 0,74 $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$ de Ca e de Mg, respectivamente. Isso evidencia, de certa forma, o maior potencial de lixiviação de Mg, conforme o exposto na literatura (MESSICK, 1984; SOPRANO, 1986; OSAKI, 1991).

A quantidade de Mg lixiviado variou de 1,79 a 5,65 $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$. Em geral, a quantidade de Mg lixiviado

aumentou com o incremento das doses da mistura e não mostrou efeito com as doses crescentes de P.

As quantidades de Mg movimentado variaram de 0,04 a 0,64 meq/100 cm³ com média de 0,16 meq/100 cm³. Os valores correspondentes de IMV do nutriente variaram de 7 a 84%, apresentando média de 28,9%.

Os teores de Mg aumentaram linearmente nas camadas superior e média, em razão do efeito das doses da mistura calcário-gesso.

Os teores de Ca trocável encontrados na segunda avaliação, feita 24 meses após a aplicação dos tratamentos, variaram de 0,07 a 0,59, de 0,05 a 0,33 e de 0,04 a 0,19 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 26). Para o Mg trocável, as concentrações foram de 0,05 a 0,39, de 0,04 a 0,30 e de 0,06 a 0,26 meq/100 cm³, para as respectivas camadas. Esses teores não são suficientes para o crescimento adequado da cultura, em comparação com os teores recomendados por GARCIA et alii (1983).

Nesta avaliação, as quantidades de Ca lixiviado variaram de 0,05 a 0,83 meq/100 cm³, propiciando uma média de 0,33 meq/100 cm³. Os valores de ILX de Ca variaram de 17,9 a 72,2%, com média de 59,5%, sendo os valores encontrados, em sua maioria, superiores a 60% (Quadro 27). Não se observou um padrão de movimentação definido em resposta às maiores quantidades de nutriente encontradas na primeira avaliação. Por exemplo, o maior valor de ILX (72,2%) foi proporcionado pela maior quantidade de Ca (1,15 meq/100 cm³), retida na primeira avaliação e proporcionada

QUADRO 26 - Teores de Ca e de Mg Trocáveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um Lavoura sob Cultura de Café

Doses		Ca^{2+}			Mg^{2+}		
MCG ^{1/}	P_2O_5	-----			-----		
t/ha	kg/ha	----- meq/100 cm ³ -----			-----		
2,541	67	0,16	0,08	0,13	0,16	0,13	0,13
2,541	233	0,27	0,19	0,16	0,25	0,21	0,18
8,893	67	0,33	0,22	0,18	0,29	0,23	0,21
8,893	233	0,37	0,29	0,18	0,28	0,25	0,17
0,953	150	0,21	0,10	0,11	0,14	0,11	0,11
10,491	150	0,34	0,23	0,15	0,29	0,30	0,26
5,717	25	0,25	0,14	0,08	0,22	0,18	0,14
5,717	275	0,30	0,25	0,11	0,21	0,20	0,14
0,000	67	0,12	0,07	0,04	0,11	0,18	0,14
11,433	233	0,59	0,33	0,04	0,36	0,24	0,12
2,541	0	0,26	0,26	0,19	0,21	0,16	0,12
8,893	300	0,55	0,25	0,17	0,39	0,26	0,12
5,717	150	0,25	0,22	0,09	0,25	0,16	0,17
0,000	0	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06
Média		0,29	0,19	0,12	0,24	0,19	0,15

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

1/ Mistura de calcário dolomítico e gesso (3:1).

QUADRO 27 - Doses da Mistura Calcário-Gesso (MCG) e P_2O_5 , Quantidades de Ca e de Mg Trocáveis Retidas na Primeira (QRT1) e Segunda Avaliações (QRT2), Quantidades Lixiviadas (QLX) e Índice de Lixiviação (ILX) desses Nutrientes, 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos em um Lira sob Cultura de Café^{1/}

Doses		Ca^{2+}				Mg^{2+}			
MCG ^{2/}	P_2O_5	QRT1	QRT2	QLX	ILX	QRT1	QRT2	QLX	ILX
t/ha	kg/ha	- meq/100 cm ³ -				- meq/dm ³ -			
					%				X
2,541	67	0,45	0,13	0,32	71,11	0,26	0,14	0,12	46,15
2,541	233	0,69	0,21	0,48	69,56	0,25	0,21	0,04	16,00
8,893	67	0,65	0,25	0,40	61,53	0,24	0,24	-	-
8,893	233	0,93	0,28	0,65	69,89	0,41	0,23	0,18	43,90
0,953	150	0,26	0,15	0,11	42,31	0,20	0,12	0,08	40,00
10,481	150	0,85	0,24	0,61	71,76	0,49	0,28	0,21	43,75
5,717	25	0,45	0,16	0,29	64,44	0,28	0,18	0,10	35,71
5,717	275	0,57	0,22	0,35	61,40	0,29	0,18	0,11	37,93
0,000	67 ^{3/}								
11,433	233	1,15	0,32	0,83	72,20	0,84	0,24	0,60	71,43
2,541	0	0,28	0,23	0,05	17,86	0,25	0,16	0,09	36,00
8,893	300	0,59	0,33	0,26	44,06	0,42	0,26	0,16	38,10
5,717	150	0,56	0,18	0,38	67,86	0,38	0,20	0,18	47,37
Media				0,39	59,50			0,17	41,48

1/ Médias ponderadas para uma coluna de 100 cm² e 80 cm de profundidade.

2/ Mistura calcário-gesso, relação 3:1.

3/ Não considerado.

pela aplicação de **11,433 t/ha**, enquanto **um** ILX ligeiramente inferior ao anterior (**71,1%**) foi propiciado por **0,45 meq/100 cm³**. Entretanto, notou-se que **os** dois menores valores de ILX (**17,9 e 42,3%**) foram proporcionados pelas menores quantidades de Ca retidas na primeira avaliação.

Pode-se assinalar que as quantidades de Ca e Mg lixiviados aumentaram com a quantidade de ambos **os** nutrientes retidos na coluna durante a primeira avaliação.

Os teores de Ca trocável aumentaram linearmente nas camadas superior e média, em razão do efeito das doses da mistura (Quadro 28).

As quantidades de Mg lixiviado variaram de **0,04 a 0,60 meq/100 cm³**, apresentando uma média de **0,17 meq/100 cm³**. **Os** valores de ILX de Mg variaram de **16,0 a 71,4%**, com uma média de **41,5%**, incluindo-se a maioria dos valores na faixa de **35 a 48%**. Não se verificou relação entre a quantidade do Mg retida na primeira avaliação e **os** valores de ILX obtidos na segunda.

Os teores do Mg trocável aumentaram linearmente nas três camadas em virtude do efeito das doses da mistura, enquanto aumentaram também, segundo o modelo quadrático, em razão do efeito das doses de P na camada inferior.

Os teores de Ca obtidos na segunda avaliação constituíam **30,8, 47,4 e 48,0%** dos valores obtidos na primeira, nas três respectivas camadas. Para o Mg, **os** valores foram de **57, 53 e 65%**. Ocorreu redução considerável na concentração dos elementos da primeira para a segunda avaliação.

QUADRO 28 - Equações de Regressão dos Teores de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P₂O₅), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
Ca	S	$\hat{Y} = 0,124 + 0,0315^{***} \text{ MCG}$	0,731
	M	$\hat{Y} = 0,095 + 0,0180^{**} \text{ MCG}$	0,647
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,12$	
Mg	S	$\hat{Y} = 0,117 + 0,0211^{**} \text{ MCG}$	0,787
	M	$\hat{Y} = 0,114 + 0,0142^{**} \text{ MCG}$	0,681
	I	$\hat{Y} = 0,086 + 0,0085^* \text{ MCG} + 0,0008^* \text{ P} - 0,000003^* \text{ P}^2$	0,559

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

*, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

4.2.2. Valores de pH e de Al Trocável

Na primeira avaliação, o pH variou de 3,89 a 4,89, de 3,90 a 4,39 e de 3,95 a 4,28, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 29). Em comparação com os valores de pH obtidos na parcela não-tratada. na primeira avaliação houve, na camada superior, diferença de pH de 0,15 a 1,15 unidade. Nas camadas média e inferior, a diferença variou, respectivamente, de 0,12 a 0,61 e de 0,10 a 0,41.

Essa resposta é devida, principalmente, à descida de Ca e de Mg no perfil. Em geral, essa variação do pH acompanhou a do Ca.

Houve aumentos de pH, na camada superior, de 0,43, 0,53 e 0,48 unidade, causados pelo efeito das doses da mistura em presença de 0, 67 e 233 kg/ha de P_2O_5 . Assim, pode-se assinalar que a diferença de pH não mostrou resposta à aplicação das doses de P.

Os valores de pH aumentaram linearmente em razão do efeito das doses da mistura calcário-gesso, ocorrendo maior aumento na camada superior (Quadro 30).

Como no estudo do calcário e gesso, foram obtidos nas parcelas tratadas valores de pH inferiores ao pH inicial do solo (4,6), ocorrendo os menores valores na testemunha. A redução variou de 0,11 a 0,86, de 0,21 a 0,82 e de 0,32 a 0,72, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. A redução média nas respectivas camadas foi de 0,34, 0,46 e 0,50 unidade, evidenciando-se que a aplicação dos tratamentos na camada superior atenuou, nessa camada, o efeito dos ânions cloreto e nitrato, principalmente das adubações, sobre a queda do pH. Houve apenas um único caso de incremento de pH em relação ao pH inicial, na ordem de 0,29 unidade, na camada superior, como efeito da aplicação da dose maior da mistura calcário-gesso, ou seja: 11,433 t/ha. Um outro caso que chamou, particularmente, a atenção é a permanência do pH inicial na camada superior da parcela tratada com 8,893 t/ha da mistura junto com 233 kg de P_2O_5 .

QUADRO 29 - Valores de pH e Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um Lóva sob Cultura de Café

Doses		pH			Al ²⁺		
MCG	P ₂ O ₅	S	M	I	S	M	I
t/ha	kg/ha	--- meq/100 cm ³ ---					
2,541	67	4,27	4,16	4,13	1,31	1,48	1,28
2,541	233	4,22	4,10	4,09	1,51	1,73	1,49
8,893	67	4,49	4,29	4,20	0,93	1,32	1,47
8,893	233	4,60	4,37	4,21	0,52	0,91	1,01
0,953	150	4,21	4,10	4,09	1,40	1,31	1,14
10,481	150	4,45	4,29	4,17	0,78	1,16	1,32
5,717	25	4,39	4,04	4,04	1,18	1,71	1,71
5,717	275	4,40	4,04	3,98	1,04	1,52	1,49
0,000	67	3,89	3,90	3,95	2,76	2,20	1,96
11,433	233	4,29	4,39	4,28	0,30	0,96	1,00
2,541	0	4,17	4,12	4,09	1,86	1,86	1,72
8,893	300	4,47	4,25	4,15	0,99	1,28	1,13
5,717	150	4,40	4,11	4,09	1,08	1,75	1,57
0,000	0	3,74	3,78	3,88	2,58	2,27	1,97

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 30 - Equações de Regressão dos Valores de pH e dos Teores de Al Trocável (meq/100 cm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg P₂O₅/ha), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
pH	S	$\hat{Y} = 3,983 + 0,0649^{***} \text{ MCG}$	0,803
	M	$\hat{Y} = 3,948 + 0,0369^{***} \text{ MCG}$	0,714
	I	$\hat{Y} = 3,983 + 0,0213^{***} \text{ MCG}$	0,603
Al	S	$\hat{Y} = 2,583 - 0,76914 \text{ MCG}^{0,5} + 0,0538^{***} \text{ MCG}$	0,767
	M	$\hat{Y} = 2,053 - 0,6975^{***} \text{ MCG} - 0,0011^* \text{ P}$	0,694
	I	$\hat{Y} = 1,721 - 0,0516^{**} \text{ MCG}$	0,405

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 90 cm.
 *, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Com relação aos valores geralmente baixos de pH, é bem possível que estivessem sido, inicialmente, elevados, pois foram assinalados períodos de 60, até um máximo de 120 dias, para ocorrer a maior mudança de pH (HOYER e AXLEY, 1952; SOUZA et alii, 1987).

As concentrações do Al trocável variaram de 0,30 a 2,76, de 0,91 a 2,20 e de 1,0 a 1,97 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. As reduções nas concentrações do Al trocável variaram de 0,18 a 2,28, de 0,07 a 1,36 e de 0,01 a 0,97 meq/100 cm³, nas três respectivas camadas. No tratamento em que se aplicou apenas a mistura, em dose baixa, foram reduzidos 0,72, 0,41 e

0,45 meq de $Al^{3+}/100\text{ cm}^3$, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. Observou-se, em geral, ligeiro aumento na neutralização das concentrações de Al trocável pelo efeito das doses da mistura em presença de doses crescentes de P. Ou seja, **os** aumentos na neutralização foram de 1,65, 2,06 e 1,59 meq/100 cm^3 , respectivamente nas camadas superior, média e inferior, em razão do efeito da aplicação de 8,893 t/ha da mistura, em presença de 67, 233 e 300 kg/ha de P_2O_5 . **Os aumentos de neutralização** de Al trocável foram de 0,50, 0,95 e 0,84 meq/100 cm^3 , na camada inferior, nas mesmas condições.

Os teores de alumínio trocável foram ligeiramente mais elevados no estudo da mistura calcário-gesso e fósforo do que no estudo do calcário e do gesso, constituindo 1,40, 1,21 e 1,14 vezes mais **os** valores encontrados no último estudo mencionado, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. **Isso se** deve, principalmente, ao fato de que no estudo do calcário e gesso foram utilizadas doses maiores de calcário do que as doses deste corretivo utilizadas na mistura.

Houve redução linear do teor de Al trocável pelo efeito das doses da mistura calcário-gesso, nas camadas média e inferior, e raiz-quadrática na camada superior. O teor deste cátion também diminuiu linearmente na camada média com a aplicação das doses de P. Essa redução do Al pelo P foi obtida também por LIM e SHEN (1978) e AZEVEDO et alii (1988). Uma explicação para tal fato seria a formação de compostos de fosfato de alumínio que reduziriam a atividade do cátion no perfil. Collings (1955), citado por

BARBER (1984), assinalou que a aplicação de adubos fosfatados para atenuar problemas de acidez de solo em áreas de cultivo intensivo é considerada como sendo **uma das** causas de baixo uso de calcário na agricultura do oeste dos Estados Unidos.

Na segunda avaliação, os valores de pH variaram de 4,05 a 4,76, de 3,94 a 4,53 e de 3,86 a 4,43, respectivamente nas camadas superior, média e inferior (Quadro 31). A diferença de pH em relação à parcela não tratada foi de 0,0 a 0,71, de 0,04 a 0,39 e de 0,07 a 0,41 unidade. A diferença do pH não mostrou efeito das doses de P. Os valores do pH observados foram semelhantes **aos** correspondentes do estudo de calcário e gesso.

Notou-se ligeiro aumento no pH na avaliação feita aos 24 meses em relação à feita **aos** 12 meses. Houve aumento de 0,22 a 0,71 unidade de pH na camada superior em razão do efeito dos tratamentos, com relação à parcela não-tratada. Nas camadas média e inferior, os aumentos variaram de 0,04 a 0,44 e de 0,07 a 0,41 unidade de pH.

O pH aumentou linearmente nas **três** camadas, em consequência do efeito das doses da mistura, ocorrendo maior aumento na camada superior (Quadro 32).

Os teores de Al trocável variaram de 0,91 a 1,84; de 0,95 a 1,76 e de 0,79 a 1,99 meq/100 cm³, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. Considerando as médias gerais, observou-se apenas ligeira superioridade dos teores de alumínio trocável da segunda avaliação em relação à primeira. Fato semelhante foi observado também no estudo do calcário e gesso.

QUADRO 31 - Valores de pH e Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um L^vra sob Cultura de Café

Doses		pH			Al ³⁺		
MCG	P ₂ O ₅	S	M	I	S	M	I
t/ha	kg/ha	- meq/100 cm ³ -					
2,541	67	4,36	4,37	4,22	1,38	1,48	1,42
2,541	233	4,48	4,34	4,28	1,25	1,48	1,42
8,893	67	4,48	4,38	4,42	1,01	1,24	0,98
8,893	233	4,50	4,53	4,43	0,99	0,95	1,00
0,953	150	4,37	4,22	4,17	1,28	1,24	1,04
10,481	150	4,57	4,43	4,31	1,20	1,35	1,18
5,717	25	4,28	4,13	4,09	1,43	1,52	1,31
5,717	275	4,27	4,30	4,13	1,38	1,28	1,33
0,000	67	4,05	3,94	3,86	1,67	1,76	1,53
11,433	233	4,76	4,40	4,34	0,91	1,09	0,79
2,541	0	4,38	4,38	4,29	1,53	1,41	1,41
8,893	300	4,39	4,48	4,41	0,98	1,00	0,96
5,717	150	4,42	4,39	4,33	1,26	1,34	1,19
0,000	0	4,05	4,09	4,02	1,84	1,67	1,99
Média		4,41	4,29	4,23	1,29	1,34	1,25

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 32 - Equações de Regressão dos Valores de pH e dos Teores de Al Trocável (meq/100 cm) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e P (kg/ha de P₂₀₅), na Forma de Superfosfato Triplo, em um Lavoura sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
pH	S	$\hat{Y} = 4,181 + 0,0420^{***} \text{ MCG}$	0,652
	M	$\hat{Y} = 4,142 + 0,0285^* \text{ MCG}$	0,389
	I	$\hat{Y} = 4,074 + 0,0304^{***} \text{ MCG}$	0,498
Al	S	$\hat{Y} = 1,661 - 0,0457^{***} \text{ MCG} - 0,0009^{\circ} \text{ P}$	0,685
	M	$\hat{Y} = 1,645 - 0,0311^{**} \text{ MCG} - 0,0010^* \text{ P}$	0,690
	I	$\hat{Y} = 1,568 - 0,0592^{***} \text{ MCG}$	0,507

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

o, *, ** e ***: significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

As diminuições nas concentrações do Al trocável mostraram efeito mais destacado do P nesta avaliação do que na primeira. Por outro lado, pode-se mencionar, também, que o maior efeito de redução em relação à parcela não-tratada ocorreu de maneira mais marcante na camada inferior. Isso pode ser explicado pelo efeito da complexação do Al pelo sulfato da mistura e, ou, por outros ânions acompanhantes movimentados com o Ca e o Mg.

Os teores do Al trocável diminuíram linearmente em virtude do efeito das doses da mistura corretiva nas três camadas, com maior diminuição desse cátion na camada

superior. Também, este cátion diminuiu, da mesma forma, pela adição das doses de P, nas camadas superior e inferior. Respostas à adição de P foram obtidas e comentadas ao se discutirem os dados da primeira avaliação.

4.2.3. Teores de S e P Disponíveis

Os valores de ILX de S, estimados a partir dos teores de S disponível (Quadro 33), variaram de 18,9 a 100%, sendo a maioria dos valores superior a 70%. De certa forma, pode-se mencionar que a lixiviação do nutriente acompanhou a movimentação do Ca e do Mg, evidenciando-se, assim, a função fundamental deste nutriente, como ânion acompanhante, na descida de cátions. A pouca variação dos teores de S entre os tratamentos, inclusive a testemunha, não permitiu destacar um padrão de resposta marcante e bem definido para esses fatores. Notou-se apenas ligeira tendência de aumento da lixiviação com a elevação das doses crescentes de P, enquanto a lixiviação do S apresentou tendência de aumento pelo efeito da adição das doses da mistura em presença de qualquer dose de P. A resposta pode ser atribuída ao fato de a mistura ser a fonte de S.

As concentrações de S disponível, pelo efeito positivo da interação mistura calcário-gesso aumentaram quadraticamente em consequência efeito das doses da mistura e do fósforo na camada superior (Quadro 34). Houve aumento linear dos teores do nutriente em razão do efeito das doses da mistura, na camada média. A resposta às doses do P indicou que, na camada superior, o nutriente provocou

QUADRO 33 - Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Doses		S			P		
MCG	P_2O_5	S	M	I	S	M	I
t/ha	kg/ha	mg/dm ³					
2,541	67	30,31	25,15	22,73	3,96	0,55	0,43
2,541	233	22,13	22,38	22,61	6,37	1,56	0,93
8,893	67	34,93	24,69	25,04	3,30	1,14	0,10
8,893	233	55,21	41,27	27,88	7,42	2,39	0,84
0,959	150	24,79	24,73	21,71	7,36	1,39	1,15
10,581	150	45,39	36,42	31,24	7,01	4,65	1,83
5,717	25	25,57	23,60	16,78	6,12	2,15	0,82
5,717	275	42,29	38,03	27,89	8,87	2,11	1,05
0,000	67	21,73	17,96	12,83	4,59	1,47	1,32
11,433	233	43,94	28,58	19,52	1,23	4,00	1,00
2,541	0	29,06	23,00	20,48	2,65	0,97	0,43
8,893	300	49,28	34,38	27,62	4,38	1,35	0,97
5,717	150	49,72	37,53	18,59	8,54	1,98	1,12
0,000	0	20,99	18,15	17,78	1,80	0,89	0,66
Média		35,38	27,99	22,32	6,68	1,90	0,90

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 34 - Equações de Regressão dos Teores de S e P Disponíveis (mg/dm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P₂O₅), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
S		$\hat{Y} = 18,638 + 4,859^{**} MCG + 0,0951 P - 0,63908^{***} MCG^2 - 0,00076^* P^2 + 0,02924^{**} MCG \times P$	0,925
S	M	$\hat{Y} = 21,085 + 1,330^0 MCG$	0,475
I		$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,32$	
S		$\hat{Y} = 2,733 + 0,0284 P$	0,728
P	M	$\hat{Y} = 1,307 - 0,1483 MCG + 0,03242^* MCG^2$	0,598
I		$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,90$	

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; I: e Camada de 50 a 90 cm.

0, *, ** e ***: significativos a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

diminuição da adsorção do S ao complexo sortivo. Por outro lado, a mistura, por intermédio do calcário, diminui a adsorção do S pela redução de cargas positivas, reduzindo a sua adsorção e precipitação e, conseqüentemente, aumentando seu potencial de lixiviação, com acúmulo na camada média. Porém, o aumento dos teores do nutriente nessa camada relacionou-se mais com as doses da mistura, de acordo com o ajuste da regressão. O fato de a concentração do nutriente não ter sido afetada significativamente pela mistura na camada inferior indicou intensa movimentação do nutriente no perfil para fora das camadas analisadas, sem ter ficado retido nesta camada, inferior.

Os teores de P disponível foram baixos e, em média, também inferiores aos encontrados no estudo de calcário e gesso, constituindo 72,4, 74,5 e 70,9% destes valores, respectivamente nas camadas superior, média e inferior. Isso evidencia a transformação do nutriente em formas menos lábeis.

Os teores do P aumentaram linearmente em razão do efeito da adição das doses de P na camada superior, enquanto diminuíram quadraticamente na camada média, inicialmente com o efeito das doses baixas da mistura calcário-gesso, para depois aumentarem da mesma forma com a adição das doses altas da mistura. Essa resposta às doses altas da mistura pode ser explicada, parcialmente, pelo aumento do pH proporcionado pela mistura.

Observaram-se pouca variação entre os teores de S, obtidos na segunda avaliação, e também concentrações semelhantes do nutriente nas três camadas (Quadro 35).

As concentrações do S disponível aumentaram linearmente na camada superior, em razão do efeito das doses da mistura e, da mesma forma, do efeito do P na camada média (Quadro 36).

Os teores de P disponível foram muito baixos, menores que 6 mg/dm^3 . Esta redução deve ser atribuída, especialmente, à transformação do P em formas menos lábeis, conforme a dinâmica do nutriente no solo.

Os teores de P aumentaram linearmente, nas camadas superior e média, em razão do efeito das doses de P aplicadas.

QUADRO 35 - Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Doses		S			P		
MCG	P_2O_5	S	M	I	S	M	I
t/ha	kg/ha	mg/dm ³					
2,541	67	29,74	30,94	33,08	2,03	0,72	1,14
2,541	233	30,40	29,98	30,75	4,36	2,81	1,25
8,893	67	32,37	32,78	30,46	1,19	1,19	0,96
8,893	233	35,03	35,18	35,34	1,75	1,02	1,27
0,953	150	31,20	31,59	33,83	3,12	1,85	1,82
10,481	150	37,95	36,45	34,23	2,83	1,72	1,46
5,717	25	33,82	28,63	56,67	2,87	1,71	1,35
5,717	275	37,03	36,98	35,72	4,93	2,25	2,13
0,000	67	27,90	28,55	33,85	2,25	1,37	1,59
11,433	233	38,46	34,42	31,57	5,34	2,69	4,25
2,541	0	32,74	27,36	29,70	1,34	1,13	0,64
8,893	300	39,12	37,49	30,79	5,20	3,88	1,68
5,717	150	39,87	39,46	35,64	3,15	1,97	1,62
0,000	0	28,32	27,39	28,50	0,99	0,57	0,82
Média		33,85	32,66	35,29	8,98	1,76	1,54

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 36 - Equações de Regressão dos Teores de S e P Disponíveis (mg/dm^3) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P_2O_5), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Camada	Modelo	R ²
	S	$\hat{Y} = 29,254 + 0,854^{***} \text{ MCG}$	0,639
S	M	$\hat{Y} = 28,674 + 0,0286^{**} \text{ P}$	0,533
	I	$\hat{Y} = Y \text{ 35,29}$	
	S	$\hat{Y} = 1,317 + 0,0117^{***}$	0,657
P	M	$\hat{Y} = 0,847 + 0,0066^{**} \text{ P}$	0,582
	I	$\hat{Y} = Y = 1,54$	

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

** e ***: significativos a 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

As concentrações de P na segunda avaliação constituíram 45, 93 e 172% das concentrações obtidas na primeira avaliação, respectivamente para camadas superior, média e inferior.

Observou-se menor redução entre ambas as avaliações, em comparação com o estudo do calcário e gesso.

4.2.4. Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas

Como no estudo do calcário e gesso, os teores dos nutrientes nas folhas (Quadro 37) não estão incluídos nas

faixas de concentrações adequadas para o cafeeiro (IBC, 1986). Os teores de Ca não mostraram efeito expressivo da adição das doses da mistura calcário-gesso e, ou, P. Os teores mais elevados de Mg foram obtidos nas doses médias da mistura, ocorrendo a menor concentração do nutriente com a adição das doses médias de P junto com a mistura.

As concentrações de Ca nas folhas aumentaram com o efeito das doses da mistura, conforme o modelo raiz-quadrático, enquanto aumentou e logo diminuiu da mesma maneira com o efeito das doses de P (Quadro 38). Os teores de Mg nas folhas aumentaram até um máximo, de maneira quadrática, com a aplicação das doses da mistura. As concentrações de P aumentaram linearmente em razão do efeito das doses da mistura. Não houve ajuste significativo para os teores de S nas folhas.

Os teores dos nutrientes nas folhas mostraram, em geral, correlação com os teores dos nutrientes no solo (Quadro 39). As concentrações de Mg, nas folhas, mostraram maior número de correlações, indicando que essa variável apresentou maior variabilidade em resposta com relação às variáveis do solo. Por outro lado, as concentrações de Ca e Mg, no solo, foram as variáveis que mais se relacionaram com os teores dos nutrientes nas folhas.

As concentrações dos nutrientes analisados nas folhas das plantas de café, na segunda avaliação, mostraram tendência de aumentar, em razão do efeito das doses da mistura corretiva (Quadro 40).

QUADRO 37 - Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros, 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um L \acute{v} ra sob Cultura de Cafe

Doses		Nutrientes			
MCG	P_2O_5	Ca	Mg	S	P
t/ha	kg/ha	----- % -----			
2,541	67	0,61	0,22	0,21	0,13
2,541	233	0,59	0,28	0,23	0,14
8,893	87	0,61	0,27	0,21	0,14
8,893	233	0,60	0,31	0,23	0,15
0,953	150	0,52	0,24	0,17	0,13
10,481	150	0,63	0,28	0,19	0,16
5,717	25	0,57	0,24	0,20	0,14
5,717	275	0,57	0,30	0,20	0,14
0,000	67	0,54	0,24	0,19	0,13
11,433	233	0,62	0,30	0,21	0,14
2,541	0	0,54	0,27	0,17	0,13
8,893	300	0,59	0,30	0,22	0,14
5,717	150	0,54	0,38	0,22	0,13
0,000	0	0,32	0,18	0,14	0,13
Média		0,56	0,27	0,20	0,14

QUADRO 38 - Equações de Regressão dos Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros (%), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P_2O_5), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Modelo	R ²
CaF	$\hat{Y} = 0,382 + 0,08429^{\dagger} MCG^{0,5} + 0,01983^{**} P^{0,5} - 0,013 MCG - 0,00094^{\dagger} P$	0,757
MgF	$\hat{Y} = 0,211 + 0,0238^{\dagger} MCG - 0,00154^0 MCG^2$	0,475
SF	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,20$	
PF	$\hat{Y} = 0,129 + 0,0017^{***} MCG$	0,554

0, †, ** e ***: Significativos a 10, 5, 1, e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 39 - Coeficientes de Correlação Linear Simples (r) para os Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas (Percentagem) de Cafeeiros, com Concentrações de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³), S e P Disponíveis (mg/dm³) nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e de P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra Cultura de Café

Variável 1	Camada	CaF	MgF	SF	PF
Ca	S	0,601*	0,715**	0,659*	0,532
	M	0,721**	0,738**	0,800**	0,597*
	I	0,767**	0,722**	0,643*	0,555*
Mg	S	0,587*	0,753**	0,634*	0,518
	M	0,538*	0,767**	0,565*	0,628**
	I	0,531	0,572*	0,285	0,235
S	S	0,466	0,757**	0,516	0,654*
	M	0,457	0,741**	0,497	0,694**
	I	0,418	0,582*	0,397	0,619*
P	S	0,425	0,652*	0,541*	0,521
	M	0,424	0,418	0,242	0,316
	I	0,114	0,119	0,006	0,188

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

QUADRO 40 - Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e de P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Doses		Nutrientes			
MCG	P_2O_5	Ca	Mg	S	P
t/ha	kg/ha	----- % -----			
2,541	67	0,44	0,38	0,19	0,14
2,541	233	0,26	0,29	0,20	0,14
8,893	67	0,55	0,42	0,19	0,14
8,893	233	0,61	0,53	0,21	0,15
0,953	150	0,39	0,33	0,18	0,14
10,481	150	0,54	0,52	0,22	0,14
5,717	25	0,55	0,40	0,21	0,26
5,717	275	0,40	0,37	0,14	0,16
0,000	67	0,24	0,20	0,09	0,13
11,433	233	0,49	0,42	0,22	0,15
2,541	0	0,41	0,35	0,21	0,12
8,893	300	0,60	0,44	0,22	0,16
5,717	150	0,51	0,40	0,22	0,16
0,000	0	0,29	0,23	0,13	0,13
Média		0,45	0,41	0,18	0,15

Os teores do Ca aumentaram e logo diminuíram, de maneira quadrática, em razão do efeito das doses da mistura (Quadro 41). Os teores do Mg e do S aumentaram linearmente com a aplicação das doses da mistura. Não foi possível ajustar um modelo significativo dos teores de P em função das doses da mistura e do P aplicado.

As concentrações de Mg e P nas folhas mostraram maior número de correlações com os teores de Ca, Mg, S e P no solo, destacando-se, entre esses nutrientes o Ca e o Mg como sendo os mais determinantes em influenciar as concentrações foliares dos nutrientes (Quadro 42).

QUADRO 41 - Equações de Regressão dos Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Cafeeiros (%), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg de P_2O_5 /ha), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variável	Modelo	R ²
Ca	$\hat{Y} = 0,268 + 0,0581^{***} \text{ MCG} - 0,00200 \text{ MCG}^2$	0,750
Mg	$\hat{Y} = 0,267 + 0,02079^{**} \text{ MCG}$	0,746
S	$\hat{Y} = 0,153 + 0,0066^{***} \text{ MCG}$	0,416
P	$Y = \bar{Y} = 0,15$	

o e ***: significativos a 10 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 42 - Coeficientes de Correlação Linear Simples (r) Para os Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas P de Cafeeiros (%) com Concentração de Ca, Mg Trocáveis (meq/100 cm³), S e P Disponíveis (mg/dm³), nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico Gesso, (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P₂O₅), na Forma de Superfosfato Triplo, em um Lavoura sob Cultura de Café

Variável	Camada	CaF	MgF	SF	PF
Ca	S	0,519	0,668**	0,579*	0,579*
	M	0,518	0,702**	0,688**	0,406
	I	0,551*	0,642*	0,634*	0,175
Mg	S	0,676**	0,799**	0,648*	0,540*
	M	0,670**	0,863**	0,599*	0,413
	I	0,646*	0,828**	0,519	0,421
S	S	0,528	0,726**	0,665**	0,655*
	M	0,519	0,664**	0,508	0,803**
	I	0,640*	0,693**	0,646*	0,595*
P	S	0,040	0,208	0,202	0,692**
	M	0,143	0,277	0,256	0,713**
	I	0,006	0,226	0,213	0,504

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm

* e **: significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

4.2.5. Crescimento do Cafeeiro

Observou-se apenas efeito significativo de pouca importância dos tratamentos nos comprimentos de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos e do diâmetro de copa (Quadro 43), na primeira avaliação, feita 12 meses após a aplicação dos tratamentos, como no caso do estudo do calcário e gesso, em que este aspecto foi amplamente discutido. Assim, praticamente não houve diferença no crescimento entre ambos os estudos.

QUADRO 43 - Comprimento de Ramos Ortotrópicos (RO) e Plagiotrópicos (RP) e Diâmetro de Copa (DCO) de Cafeeiros, 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) e de P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um L^vra sob Cultura de Café

Doses		Crescimento		
MCG	P_2O_5	RO	RP	DCO
t/ha	kg/ha	cm		
2,541	67	43,04	41,82	82,96
2,541	233	44,56	41,36	52,54
8,893	07	44,55	42,42	93,60
8,893	233	43,16	41,32	82,93
0,858	150	42,93	40,47	72,83
10,481	150	43,18	41,43	80,57
5,717	25	44,94	41,73	82,06
5,717	275	44,78	43,34	84,34
0,000	67	41,56	39,10	61,00
11,433	233	43,07	41,91	83,89
2,541	0	44,32	52,77	84,78
8,893	300	43,86	42,94	86,98
5,717	150	43,58	42,83	89,24
0,000	0	41,26	39,67	81,23
Média		43,48	42,36	80,90

O comprimento dos ramos ortotrópicos aumentou e logo diminuiu, de maneira raiz-quadrática, com a aplicação das doses da mistura calcário-gesso (Quadro 44). Esse efeito depressivo e quadrático foi mais intenso nas doses altas da mistura calcário-gesso. O comprimento de ramos plagiotrópicos mostrou resposta semelhante à anterior em relação às doses da mistura calcário-gesso, enquanto diminuiu e logo aumentou, de maneira raiz-quadrática, em virtude do efeito das doses de P. O diâmetro da copa aumentou quadraticamente em razão do efeito das doses da mistura, enquanto diminuiu, da mesma maneira, com o efeito das doses de P.

QUADRO 44 - Equações de Regressão dos Comprimentos de Ramos Ortotrópicos (RO) e Plagiotrópicos (RP) e Diâmetro de Copa (DCO) de Cafeeiros (em cm), 12 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P_2O_5), na Forma de Superfósforo Triplo, em um Lavoura sob Cultura de Cafe

Variável	Modelo	R ²
RO	$\hat{Y} = 41,293 + 2,76743^{**} MCG^{0,5} - 0,648 MCG$	0,758
RP	$\hat{Y} = 42,73 + 5,96973^{\dagger} MCG^{0,5} - 1,15524^{\dagger} P^{0,5} - 1,3486^{***} MCG + 0,0480^{***} P$	0,773
DCO	$\hat{Y} = 75,25 + 4,7542 MCG - 0,1432 P - 0,22859^{\dagger} MCG^2 + 0,00031^{\dagger} P^2$	0,565

†, ** e ***: significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidades, respectivamente.

Notaram-se, na segunda avaliação feita 24 meses após a aplicação dos tratamentos, como na primeira avaliação, pequenas variações entre as variáveis de crescimento (Quadro 45). Por exemplo, o diâmetro de tronco acusou valores entre 2,9 e 3,2 cm e o número de ramos primários, valores entre 42 e 46, assim como no estudo do calcário e gesso.

A produção variou de 294 a 743 kg de café beneficiado, apresentando uma média de 580 kg. O aumento da produção, em relação à parcela não-tratada, variou de 132 a 449 kg/ha, correspondendo a um incremento de 44,9 a 152%. Houve aumento de 44,9% com a aplicação única, tanto da mistura calcário-gesso quanto do fósforo, correspondendo a 2,541 t/ha e 67 kg de P_2O_5 , respectivamente.

Foram obtidas produções de 529 e 294 kg de café beneficiado na testemunha, respectivamente do estudo do calcário e gesso e da mistura calcário-gesso e P. Essa diferença, correspondendo a um aumento de 180% a favor do estudo do calcário e gesso, pode ser atribuída, principalmente, à adição de P nesse estudo, em dose constante de 159 kg/ha de P_2O_5 .

A altura aumentou e logo diminuiu, de maneira raiz-quadrática, com o efeito das doses da mistura, enquanto aumentou linearmente em razão do efeito das doses de P (Quadro 46). O diâmetro da copa aumentou e logo diminuiu, de maneira raiz-quadrática, com o efeito das doses da mistura. A produção aumentou de maneira quadrática até um máximo de 599 kg/ha de café beneficiado, em consequência do efeito das doses da mistura calcário-gesso, na ausência de P e com a adição de 300 kg/ha de P_2O_5 , a produção máxima foi de

QUADRO 45 - Valores de Altura (ALT), Diâmetro de Copa (DCO) e Produção (PRO) de Cafeeiros aos 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico e Gesso (MCG) e de P_2O_5 , na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra

Doses		Variaveis		
MCG	P_2O_5	ALT	DCO	PRO ^{1/}
t/ha	kg/ha	cm	cm	kg/ha
2,541	67	103,75	89,71	551
2,541	233	109,75	79,12	546
8,893	67	104,50	91,25	696
8,893	233	109,00	93,00	701
0,953	150	107,00	92,00	516
10,481	150	105,50	89,37	582
5,717	25	101,75	88,50	529
5,717	275	110,25	92,00	648
0,000	67	97,00	73,25	426
11,433	233	101,50	89,25	743
2,541	0	102,25	91,50	426
8,893	300	111,25	91,75	731
5,717	150	108,75	90,50	733
0,000	0	94,75	72,25	294
Média		104,08	87,00	580

1/ Café beneficiado.

QUADRO 46 - Equações de Regressão dos Valores de Altura (ALT), Diâmetro de Copa (DCO) (cm) e Produção de Cafeeiros (kg/ha de Café Beneficiado), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (MCG) (t/ha) e Fósforo (kg/ha de P_2O_5), na Forma de Superfosfato Triplo, em um L^vra sob Cultura de Café

Variável	Modelo	R ²
ALT	$\hat{Y} = 99,786 + 8,6280^{**} MCG^{0,5} - 2,2594^{**} MCG + 0,0318^{**} P$	0,892
DCO	$\hat{Y} = 73,792 + 13,4784^{**} MCG^{0,5} - 2,6067^{***} MCG$	0,730
PRO	$\hat{Y} = 352,817 + 53,7495^{***} MCG + 0,4855^* P - 2,92319^0 MCG^2$	0,839

o, *,** e ***: significativos a 10, 5, 1 e 0,1 de probabilidades, respectivamente.

745 kg/ha. A produção aumentou linearmente em resposta As doses crescentes de P.

A altura e o diâmetro da copa foram as variáveis com maior número de correlações com os nutrientes do solo e da planta (Quadro 47). As variáveis de crescimento associaram-se mais aos teores de Ca, Mg e S no solo e aos de Ca e P nas folhas. A produção apresentou correlação com todos os nutrientes do solo, exceto o P, e também com todos os nutrientes das folhas. Evidencia-se, assim, o carácter complexo desta variável agrônômica. A relação não-significativa da produção com os teores do P no solo pode ser explicada pelas concentrações baixas do nutriente, observadas nas duas avaliações e, principalmente, na segunda. Como foi discutido anteriormente, isso se deve à transformação do nutriente em formas menos disponíveis.

QUADRO 47 - Coeficientes de Correlação Linear Simples (r) dos Valores de Altura (ALT) e Diâmetro de Copa (DCO) (cm) e Produção (PRO) (kg/ha de Café Beneficiado) de Cafeeiros₃ com os Teores de Ca e Mg Trocáveis (meq/100 cm³), S e P Disponíveis (mg/dm³), e dos Teores desses Nutrientes nas Folhas (%) (F), nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), 24 Meses após a Aplicação das Doses da Mistura de Calcário Dolomítico-Gesso (t/ha) e Fósforo (kg de P₂O₅/ha), na Forma de Superfosfato Triplo, em um LVra sob Cultura de Café

Variavel	Camada	ALT	DCO	PRO
Ca	S	0,502	0,554*	0,772**
	M	0,502	0,540	0,741**
	I	0,516	0,612*	0,515
Mg	S	0,613*	0,646*	0,809**
	M	0,524	0,588*	0,753**
	I	0,550*	0,546*	0,734**
S	S	0,530	0,508	0,771**
	M	0,637*	0,539*	0,828**
	I	0,585*	0,695**	0,570*
P	S	0,518	0,370	0,476
	M	0,627*	0,409	0,525
	I	0,175	0,304	0,496
CaF		0,577*	0,721**	0,717**
MgF		0,608*	0,764**	0,746**
SF		0,587*	0,718**	0,585*
PF		0,785**	0,665**	0,749**
ALT				0,674**
DCO				0,731**

S: camada de 0 a 30 cm; M: camada de 30 a 50 cm; e I: camada de 50 a 80 cm.

* e **: significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

Não se observou diferença prática nos valores de crescimento entre os estudos do calcário e gesso e da mistura calcário-gesso e P. Com base nas medias de produção, verificou-se uma superioridade em 6,4956 do estudo do calcário e gesso, em comparação com o estudo da mistura calcário-gesso e P.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O propósito deste trabalho foi avaliar a lixiviação e a movimentação de cálcio, magnésio, enxofre e fósforo, a variação da acidez do solo, a absorção desses nutrientes e o crescimento inicial do cafeeiro, utilizando-se calcário dolomítico, gesso e fósforo, na forma de superfosfato triplo. Foi realizado um experimento no campo, no Fundação-Agronomia, usando-se mudas da cultivar Catuaí. O experimento incluiu 28 tratamentos, relacionando-se os 14 primeiros ao estudo do calcário e do gesso e os outros 14, ao estudo da mistura calcário-gesso e fósforo. Os resultados obtidos de análises de amostras de solo e de folhas coletadas aos 12 e 24 meses após a aplicação dos tratamentos permitiram as seguintes conclusões:

- Houve lixiviação e movimentação de Ca e de Mg em razão do efeito da aplicação das doses de calcário dolomítico, do gesso e da mistura calcário-gesso.

- A quantidade de Ca e de Mg movimentados aumentou com o incremento das doses de calcário, de gesso e da mistura calcário-gesso.
- O pH diminuiu, ligeiramente, em média, em razão do aumento das doses de gesso nos tratamentos.
- A redução do Al trocável ocorreu também em razão do efeito das doses de gesso e do P, sendo o efeito maior causado pela adição das doses de calcário e da mistura calcário-gesso.
- Os teores do P foram baixos, com um máximo inferior a 14 mg/dm^3 na primeira avaliação e a 6 mg/dm^3 na segunda, na camada superior.
- Houve pouca variação entre os teores de Ca, Mg, S e P nas folhas, os quais aumentaram, em geral, com o efeito das doses de calcário, de gesso e da mistura calcário-gesso. Os teores de Mg e do P nas folhas mostraram maior número de correlações com os teores de nutrientes do solo, e, desses, o Ca e o Mg foram os mais destacados.
- O comprimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, diâmetro de copa, altura, número de ramos primários e diâmetro de tronco mostraram pouca variação em resposta aos tratamentos.
- A produção aumentou linearmente em razão do efeito das doses de gesso e de fósforo e, quadraticamente, em consequência do efeito das doses da mistura.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ABRUÑA-RODRIGUEZ, F.; VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R.W.; SILVA, S. Crop response to soil acidity factors in ultisols and oxisols. I. Tobacco. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 34(4):629-35, 1970.
- ADAMS, F. Crop response to lime in the Southern United States. In: ADAMS, P., ed., Soil acidity and liming, 2 ed. Madison, SSSA, 1984. p.211-65.
- ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez do solo: características de qualidade. In : MALAVOLTA, E., Coord., **Seminário sobre corretivos** agrícolas. Campinas, Cargill, 1985. p.95-119.
- ALCARDE, J.C. Contraditória, **confusa** e polemica: é a situação do **uso do gesso M** agricultura. Piracicaba, POTAFOS, 1988. 3p. (Informações Agronomicas, 41).
- ALVAREZ V., H.V. Equilíbrio de **formas disponíveis de fósforo** e enxofre em dois latossolos de **Minas Gerais**. Vicososa, MG, UFV, 1974. 125p. (Tese M.S.)
- ALVAREZ V.H.V. ; GUIMARÃES, P.T.G.; FREIRE, F.M. Concentrações relativas ótimas de fósforo e enxofre, na adubação do cafeeiro, num latossolo vermelho-escuro de Machado, MG. *Pesq. Agropec. bras.*, 22(4):359-65, 1987.

ALVES, H.M.R. Alterações de características químicas em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em um Latossol Vermelho Amarelo Câmbico distrófico, textura média fase cerrado. Lavras, ESAL, 1984. 84p. (Tese M.S.)

AMEDEE, G. & PEECH, M. Liming of highly weathered soils of the humid tropics. *Soil Sci.*, **121**(5):259-66, 1976.

APONTA, M.E.L. Toxicidade de alumínio em plantas de café. *Cenicafe*, **34** (3):61-97, 1983.

AYODELE, O.J. Phosphorus availability in savannah in Western Nigeria. *Trop. Agric.*, **63**(4):297-300, 1986.

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V.; FRANCO JÚNIOR, C.F.; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Efeito de três adubos fosfatados sobre a acidez de dois solos do município de Piracicaba. *An ESALQ*, **45**(2):479-98, 1988.

BARBER, S.A. Liming materials and Practices. In: ADAMS, F., ed. *Soil acidity and liming*. 2. ed. Madison, SSSA, 1984. p.171-209.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais-Descrição de uma metodologia. *R. Arv.*, **10**:106-12, 1986.

BARROW, N.J. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soil. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J., ed. *The role of phosphorus in agriculture*. Madison, SSSA, 1984. p.333-57.

BARROW, N.J. & SHAW, T.C. **The slow reactions between soils and anions. 3.** The effects of time and temperature on the decrease in isotopically exchange phosphate. *Soil Sci.*, **119**(3):190-7, 1975.

BARTHOLO, G.F.; MAGALHÃES FILHO; GUIMARAES, P.T.G.; CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Inf. Agropec.*, **14**(162):33-44, 1988.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C.; SOUZA, E.C.A. Reatividade de calcários agrícolas e a relação entre os teores de cálcio e magnésio. *An ESALQ*, **45**(2):499-515, 1988.

- BERG, W.A. & THOMAS, G.W. Anions elution Patterns from soil and soil clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **23(5)**:348-50, 1959.
- BIDDAPA, C.C. & VENKAT RAO, B.V. Studies on the relationship between sesquioxides, phosphorus content and phosphorus fixing capacity of coffee soils of South India. *J. Ind. Soil Sci.*, **21(2)**:155-9, 1973.
- BLACK, A.S. & CAMERON, K.C. Effect of leaching on soil properties and lucerne growth following lime and gypsum amendments to a soil with an acid subsoil. *N.Z.J. Agric. Res.*, **27**:195-200, 1984.
- BOUTON, J.H.; SUMMER, M.E.; HAMMEL, J.E.; SHAHANDER, H. Yield of an alfalfa germoplasm selected for acid soil tolerance when grown in soil with modified sub-soil. *Crop Sc.*, **26(2)**:334-6, 1986.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solos e plantas. *R. Ceres*, **21**:73-85, 1974.
- BRAGANÇA, J.P.; PEREIRA, J.E.; PAULINO, A.J. Influência de doses de fósforo na produção do cafeeiro adulto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, Araxá, MG, 1979. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1979. p.104-7.
- BRAGANÇA, J.P.; PEREIRA, J.E.; PAULINO, A.J. Modo e frequência de aplicação de fósforo na formação e produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 8, São Lourenço, 1981. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA. p.256-9.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. *Pesq. Agropec. brae.*, **19(5)**:573-82, 1984.
- CHESNIN, L. Cálcio e magnésio e os micronutrientes. In: THE FERTILIZER INSTITUTE. Manual de fertilizantes. Washington, DC, 1976. p.73-94.
- CHESNIN, L. & YIEN, C.H. Turbidimetric determination of available sulfates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **15**:149-51, 1950.

- CLARK, R.B. Physiological aspects of Ca, Mg and Mo deficiencies in plants. In: ADAMS, F., ed. Soil acidity and **liming**. 2. ed. Madison, SSSA, 1984. p.99-170.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO M ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação. Lavras, EPAMIG, 1989. 159p.
- COUTO, W. & RITCHEY, K.D. Enxofre. In: GOEDERT, J.E., ed. Solos dos cerrados; **tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo, Nobel, 1987. p.223-35.
- DAL BÓ, M.A. Movimento de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de **solo**, em função de adição de diferentes sais de cálcio. Vicosa, MG, UFV, 1985. 62p. (Tese M.S.)
- DEDATTA, S.K.; FOX, R.L.; SHERMAN, G.D. Availability of fertilizer phosphorus in three latosols of Hawaii. *Agron. J.*, **55** (4):311-3, 1963.
- DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do **solo** (Metodologia). Vicosa, MG, UFV, Imp. Univ., 1981. 17p.
- DIAS, L.E.; FERREIRA, F.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M. Movimento de cálcio em colunas de **solo** tratado com carbonato e sulfato de cálcio. *R. Ceres*, **31**(178):407-14, 1984.
- EIRA, P.A.; RUSCHEL, A.P.; BRITTO, D.P.P.S.; MILLER, S.F.; BAUWIN, G.R. Estudo de uma fertilidade de **um solo** de campo cerrado. *Pesq. Agropec. bras.*, **7**:119-122, 1972.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço de Levantamento e Conservação de **Solos**. Manual de **métodos** de análise de **solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1981-82, 1983-85. Planaltina, 1985. 177p.
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do **solo** pela aplicação de gesso agrícola. *R. bras. Ci. Solo*, **10**:241-5, 1986.

- FARINA, M.P.W. *Sr* CHANNON, P. Acid subsoil amelioration: I. A comparison of several mechanical procedures. *Soil Sc. Soc. Amer. J.*, 52:169-75, 1988.
- FASSBENDER, H.W.; MULLER, L.; BALLERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de America Central. II. Formas y su relación con la planta. Turrialba, 18(4):333-46, 1968.
- FIGUEIREDO, O.A.R. *Sr* ALMEIDA, J.A. Quantificação das formas trocáveis e não-trocáveis de alumínio em solos ácidos. *R. bras- Ci. Solo*, 15(2):151-6, 1991.
- FLEMING, A.L. & FOY, C.D. Root structure reflect differential aluminium tolerance in wheat variety. *Agron. J.*, 60:172-6, 1968.
- FOY, C.D. Effects of aluminium on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The plant roots and its environment*. Virginia, Press University, 1974. p.601-42.
- FOY, C.D. Effects of soil calcium availability on plant growth In: CARSON, E.W., ed. *The plant roots and its environment*. Virginia, University Press, 1974. p.565-600.
- FOY, C.D. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. *R. Ceres*, 24(166):551-60, 1982.
- FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminium and toxicities in acid soils. In: ADAMS, F. (ed.). *Soil acidity and liming*. 2. ed. Madison, SSSA, 1984. p.57-97.
- FRANCO, C.M.; LAZZARINI, W.; CONAGIN, A.; JUNQUEIRA, A.R.; MORAES, F.R.P. Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. *Bragantia*, 19(33):523-46, 1960.
- FREIRE, F.M.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H.; MELLES, C.C.A. Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro. Belo Horizonte, EPAMIG, 1984. 20p.
- GALVAO, M.V. Regiões bioclimáticas do Brasil. *R. bras. Geog.*, 29(1):3-36, 1967.
- GARCIA, A.W.R. Calagem para o cafeeiro. In: YAMADA, T., ed. *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba, SP, 1983. p.102-15.

- GARCIA, A.W.R. & MARTINS, M. Doses crescentes de calcário na formação do cafeeiro em LV, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1980. p.38-41.
- GOEDERT, W.J & SOUZA, D.M.G. **Uso** eficiente de fertilizantes fosforados. In: ESPINOZA, W. & OLIVEIRA, A.J. DE. Anais do **simposio** sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, DF, EMBRAPA, 1984. p.255-89.
- GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J., ed. **Solos** do cerrado; tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel, 1987. p.129-66.
- GOEPFERT, C.F. & FREIRE, J.R.J. Experimento sobre o efeito da calagem e do fósforo em soja (*Glycine max* (L) Merrill). *Agron. Sulriogr.*, 2(2):181-6, 1972.
- GONZALEZ-ERICO, E. KAMPRATH, E.G.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of Central Brasil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 43:1155-8, 1979.
- GUIMARÃES, P.T.G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas superficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA. 1, Brasília, DF, 1986. **Anais...** Brasília, IBRAFOS, EMBRAPA, PETROFERTIL, 1986. p.145-67.
- GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: **Curso** de atualização em fertilidade de solo. Machado, MG, ESACMA, POTAFOS, ANDA, 1988. p.123-66.
- GUIMARÃES, P.T.G. & PONTE, A.M. da. Adubação do cafeeiro. *Inf. Agropec.*, 4(44):20-36, 1978.
- GUIMARÃES, P.T.G. & LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). *Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p.115-61.
- HAMMEL, J.E.; SUMNER, M.E.; SHANANDEH, H. Effect of physical and chemical profile modification on soybean and corn production. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 49(6):1508-11, 1985.

- HOEFT, R.G.; WALSH, L.M.; KEENEY, D.R. Evaluation of various extractants for available soils sulfur. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **37**:401-4, 1973.
- HOYER, J.H. & AXLEY, J.H. Influence of liming on pH values of six Maryland soils. *Soil Sci.*, **73**:61-9, 1952.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ-IBC. *Cultura do café no Brasil; manual de recomendações*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1977. 312p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ-IBC. *Cultura do café no Brasil; manual de recomendações*. Rio de Janeiro, 1986. 215p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ-IBC. *A moderna cafeicultura nos cerrados*; Rio de Janeiro, 1987. 148p.
- JACKSON, M.L. *Análisis químico de suelos*. 3. ed. Barcelona, Omega, 1976. 662p.
- JARUSOV, S.S. On the mobility of exchangeable cations in the soil. *Soil Sci.*, **43**:285-303, 1937.
- JENNY, H. Reflections on the soil acidity merry-go-round. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **25**(6):428-32, 1961.
- JONES, P.A.; ROBINSON, J.B.D.; WALLIS, J.A.N. Manure and mulch in Kenya coffee growing. *Emp. J. Exper. Agric.*, **28**(12):315-52, 1960.
- JORDAN, J. SIMKINS, C.; COREY, G.; KNIGHT, R.; BAKER, G.O. Uptake and movement of fertilizer phosphorus. *Soil Sci.*, **73**(4):305-13, 1952.
- JORGE, J.A. *Solo: manejo e adubação*. 2. ed. São Paulo, Nobel, 1986. 315p.
- KAMINSKI, J. Efeito de cinco fosfatos pre-, co- e pos-aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao **sorgo - (*Sorghum bicolor* (L.) Moench - cv Contibrasil)** em três solos ácidos. Piracicaba, ESALQ, 1983. 126p. (Tese D.S.)
- KAMPRATH, E.J. Crop response to lime on soils in the tropics. In: ADAMS, F., ed. *Soil acidity and liming*. Madison, SSSA, 1984. p.349-68.

- KAWASAKI, H.; IWATA, F.; MESQUITA FILHO, M.V. Concentration of soybean roots in uppermost layers of cerrado soils of Brazil. *J. Amer. Res. Quart.*, **18**(4):260-7, 1985.
- KORENTAJER, L.; BYRNES, B.H.; DEBORAH, T.H. The effect of liming and leaching on the sulphur supplying capacity of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, **47**(3):525-30, 1983.
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: YAMADA, T., ed. **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. p.27-54.
- LACERDA, M.P.; VIANA, A.S.; ANDRADE, P.C. Estudo de níveis de P_2O_5 no plantio e na formação de cafeeiros em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 13, São Lourenço, 1978. *Anais...* Rio de Janeiro, IBCGERCA, 1978. p.63-6.
- LAZZARINI, W.; MORAES, F.R.P.; CERVELLINI, G.D.S.; TOLEDO, S.V.; FIGUEIREDO, J.I.; JUNQUEIRA, A.R.; GONAGIN, A.; FRANCO, C.M. Cultivo de café em latossol VA da região de Batatais, SP. *Bragantia*, **34**(14):229-239, 1975.
- LIM, K.L. & SHEN, T.C. Lime and phosphorus application and their residual effects on corn yields. *Agron. J.*, **70**(6):927-32, 1978.
- LONGENECKER, D. & MERKLE, F.G. Influence of placement of lime compounds on root development and soil characteristics. *Soil Sci.*, **73**(1):71-4, 1952.
- LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado"**; características, propriedades e manejo. Piracicaba, SP, POTAFOS, 1984. 162p.
- LOPES, A.S & ABREU, C.A. Manejo da fertilidade do solo. *Inf. Agropec.*, **13**(147):3-21, 1987.
- LOPES, A.S. & ABREU, C.A. Manejo da fertilidade de solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO. Machado, MG, ESACMA, POTAFOS, ANDA, 1988. p.206-53.
- LOPES, M.A. & GONZALEZ, M.A. Efecto de dos fuentes de cálcio sobre la fertilidad de tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agron. Costaricense*, **11**:1-15, 1987.

LUND, Z.F. The effect of calcium and its relation to several cations in soybean root growth. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, 34(3):456-9, 1970.

MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. XXXVI. Relação entre cálcio e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEJEIRA 5, Guarapari, 1977. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1977. p.44.

MALAVOLTA, E. A prática da calagem. In: MALAVOLTA, E. coord. **Seminário sobre Corretivos Agrícolas**. Campinas, Fundação Cargill, 1985a. p.311-57.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E. coord. **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Campinas, Fundação Cargill, 1985b. p.3-64.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (ed.). **Cultura do cafeeiro**; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, SP, POTAFOS, 1986. p.163-274.

MALAVOLTA, E. & KLIEMAN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba, SP, POTAFOS, 1985. 138p.

MALAVOLTA, E.; GUILHERME, M.R.; LIEM, T.H. Associações fosfogesso-calcário: princípios e aplicações. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, DF, 1986. **Anais...** Brasília, IBRAFOS, EMBRAPA, PEOFERTIL, 1986a. p.177-96.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J.; ANDRADE, R.G.; ALVIZURI, C.; VENCOWSKY, R.; FREITAS, L.M.M. Estudo sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. (Nota prévia). **An. ESALQ**, 22:131-8, 1965.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J.P.; LIEM, T.H. VITTI, G.C. **Gesso agrícola, seu uso na adubação e correção do solo**. 2. ed. São Paulo, Ultrafertil, 1981. 30p. (Divulgação técnica, 8)

MARTINEZ, H.E.P. & MONNERAT, P.H. Níveis crescentes de alumínio em duas variedades de café cultivadas em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. **Resumos...** Campinas, SBCS, 1991. p.109.

- MARTINS, O.C. **Comportamento da soja e do trigo e alterações no perfil do solo em resposta à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso.** Viçosa, MG, UFV, 1991. 81p. (Tese M.S.)
- MATIELLO, J.B. **O café; do cultivo ao consumo.** São Paulo, Globo, 1991. 319p.
- MCKENZIE, R.C. & NYBORG, M. Influence of subsoil acidity on root development and crop growth in soils of Alberta and northeastern British Columbia. **Can. J. Soil Sci.**, **64(4):681-97**, 1984.
- MCLEAN, E.O. & LOGAN, T.J. Sources of phosphorus for plants grown in soils with differing phosphorus fixation tendencies. **Soil Sc. Soc. An Proc.**, **34(6):907-11**, 1970.
- MCLEAN, E.O., HOURIGAN, W.R.; SHOEMAKER, H.E.; BHUMBLA, D.R. Aluminium in soils. V. Form of aluminium as a cause of soil acidity and a complication in its measurement. **Soil Sci.**, **97(2):119-26**, 1964.
- MELLO, F.A.F. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: MALAVOLTA, E., coord., **Seminário Sobre Corretivos Agrícolas.** Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.65-93.
- MESSICK, D.L.; ALLEY, M.M.; ZELAZNY, L.W. Movement of calcium and magnesium in ultisols from dolomitic limestone. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, **48(5):1096-101**, 1984.
- MILLER, F.P. **Os fertilizantes e o meio ambiente.** In: The FERTILIZER INSTITUTE. **Manual de fertilizantes.** 2. ed. Washington, DC, 1976. p.25-51.
- MOORE, D.P. Physiological effects of pH on roots. In: CARSON, E.W., ed. **The plant roots and its environment.** Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.135-50.
- MORAES, F.R.P. Adubação do cafeeiro. Macronutrientes e adubação orgânica. In: YAMADA, T., ed. **Nutrição e adubação do cafeeiro.** Piracicaba, SP, Instituto da Potassa, 1983. p.77-89.

- MORELLI, M.; IGUE, K.; FUENTES, R. Efecto del encalado en el complejo de cambio y movimiento de Ca e Mg. **Turrialba**, **21(31):317-22**, 1971.
- MOSTAFA, M.A.E. & ULRICH, A. Calcium uptake by sugar beets relative to concentration and activity of calcium. **Soil Sci.**, **116** (6):432-6, 1974.
- NOVELINO, J.O., NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L; COSTA, L.M.; BARROS, N.F. Solubilização de fosfato-de-araxá, em diferentes tempos de incubação com amostras de cinco latossolos na presença e na ausência de calagem. **R. bras. Ci. Solo**, **9**:13-22, 1985.
- NOVOA; F.V. & NUNEZ, R. Efficiency of five phosphate fertilizer sources in soils with different phosphate fixing capacity. **Trop. Agric.**, **51(2):235-45**, 1975.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2. ed. Campinas, Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503p.
- PASSOS, R.R. & RUIZ, H.A. Tolerancia de cafeeiros Conilon e Catuai à toxidez de alumínio e manganês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DE SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. **Resumos...** Campinas, SBCS, 1991. p.221.
- PAVAN, M.A. & BINGHAM, F.T. Toxicity of aluminium to coffee seedlings grown in nutrient solution. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, **46:993-7**, 1982.
- PAVAN, M.A. & IGUE, X. Estudos de calagem em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 4, Caxambu, 1976. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1976. p.41.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PERVEA, F.J. Influence of calcium and magnesium salts on a acid soil chemistry and calcium nutrition of apple. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, **51(15):1526-30**, 1987.
- PAVAN, M.A. & BINGHAM, F.I.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a brasilian oxysol. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, **48:33-8**, 1984.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA, L.F. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesq. Agropec. bras.**, **21(1):33-42**, 1986.

- PEARSON, R.W.; ABRUNA, F.; VICENTE-CHANDLER. J. Effect of lime and nitrogen application on downward movement of calcium and magnesium in tropical **soils** of Puerto Rico. *Soil Sci.*, **93**(2):77-82, 1962.
- PORTO, R.P. Efeito do calagem e do fósforo na produção do trigo no **solo** Durox. *Agron. Sulriogr.*, **2**(2):213-8, 1972
- QUAGGIO, J.A. Resposta das culturas à calagem. In: MALAVOLTA, E., Coord. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.121-57.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. VAN. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *R. bras. Ci. Solo*, **6**(3):189-94, 1982.
- RAIJ, B. VAN. Avaliação da fertilidade do **solo**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. VAN. **Gesso** agrícola na melhoria do ambiente radicular **no subsolo**. São Paulo, ANDA, 1988. 88p.
- RAIJ, B. VAN. & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: ESPINOZA, W.; OLIVEIRA, A.J. DE. SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Anais... Brasilia, DF, EMBRAPA-DEP, 1984. p. 323-46.
- REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on **oxisols** in Natal. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **34**(2):263-7, 1970.
- REID, D.A.; FLEMING, A.L.; FOY, C.D. A method for determining response of barley in nutrient solution in comparison to response in aluminium-toxic soil. *Agron. J.*, **63**(4):600-3, 1971.
- REIS, G.N. DOS; MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R. Doses e modo de aplicação de calcário na formação do cafeeiro na região do Planalto de Vitória da Conquista (BA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 9, São Lourenço, 1981. Anais... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981. p.69-71.
- RIRIE, D.; TOTH, S.J.; BEAR, F.G. Movement and effects of lime and gypsum in soil. *Soil Sci.*, **73**(1):23-35, 1952.

RITCHEY, K.D., SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a brazilian savannah oxisol. **Agron. J.**, **72**:40-4, 1980.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.A; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah oxisols. **Soil Sci.**, **133**(6):378-82, 1982.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUZA, D.M.G.A. Relação entre o teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico . **R. Bras. Ci. Solo**, **7**:269-75, 1983.

ROSOLEM, C.A. & MACHADO J.R. Efeitos de calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latosolos. **R. bras. Ci. Solo**, **8**:103-9, 1984.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. **Adv. Agron.**, **34**:279-405, 1981.

SANTINATO, R., MATIELLO, J.B.; PREGELLI, H.; COSTA, E.C. Doses crescentes e modo de calagem dolomítica na formação do cafeeiro em solo LVA fase arenosa em Bandeirantes, MS In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 13, São Lourenço, 1986. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1986. p.59-60.

SANTINATO, R.; PEREIRA, J.E.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, O.A. Calagem em doses crescentes e em cobertura na formação do cafeeiro em solo LVA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 7, Araxá, 1979. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1979. p.337-41.

SANTINATO, R., SILVA, O.A.; CARVALHO, C.H.J.; FIGUEIREDO, J.P.; BARROS, U.V. Estudo de crescimento, composição química e deficiência do cafeeiro cultivado em solo de cerrado, LE; resultados preliminares até 18 meses de campo. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 9, São Lourenço, 1981. **Resumos...** Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1981. p.459-71.

SINGH, S.S. Effect of chloride and sulfate anions on the chemical characteristics of some acid soils. **Can J. Soil Sci.**, **62**(4):549-57, 1982.

- SNOECK, J. & DUCEAU, P. Essais d'engrais minéraux sur *C. canephora* en Cote d'Ivoire: production e rentabilé. **Cafe.** Cacao, Thé, 22(4):285-302, 1978.
- SOPRANO, E. **Movimentação** de **ions** e crescimento de cafe em **função** de aplicação de sais de cálcio em columnas de solo. Vicososa, MG, UFV, 1986. 92p. (Tese M.S.)
- SOUZA, D.M.G.; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos do cerrado; tecnologia e estratégia de manejo. São Paulo, Nobel, 1987. p.99-127.
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D. Uso do gesso no solo de cerrado. In : SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasilia, 1986. Anais... Brasilia, IBRAFOS, EMBRAPA, PETROFERTIL, 1986. p.119-44.
- SUMNER, M.E., SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Amer. J., 50(5):1254-8, 1986.
- SWOBODA, A.R. & THOMAS, G.W. The movement of sulfate in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29(5):540-4, 1965.
- THOMAS, G.W. & HARGROVE, W.L. The chemistry of soil acidity. In: ADAMS, F., ed. Soil acidity and liming. 2. ed. Madison, ASA, CSSS, SSSA, 1984. p.3-56.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. 4. ed. New York, McMillan, 1985. 735p.
- URIBE-HENAO, A. Efecto del fósforo en la producción de cafe. Cenicafe, 34(1):3-15, 1983.
- VALENCIA, G.A. & BRAVO. E.J.G. Influencia de enclamiento en la producción de cafetales establecidos. Cenicafe, 32(1):3-14, 1981.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, E.P.E.M.A., 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)

- VIANA, A.S.; CORREA, J.B.; ANDRADE, P.C. de. Efeitos de fontes de fósforo e níveis de fosfogesso no plantio e na condução de cafeeiro Catuaí em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 14, Campinas, 1987. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1987. p 236-40.
- VIANA, A.S. GARCIA, A.W.R.; LACERDA, M.P.; ANDRADE, P.C. Estudo sobre calagem complementar em cafezal, em solo LED fase cerrado, em áreas com seis níveis de calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 14, Campinas, 1987. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1987. p.219-25.
- VIANA, A.S.; MATA, J.M.; FIORAVANTE, N. Estudo de níveis de saturação de bases (V%) e modo de calagem e gessagem na formação e condução de cafeeiro em solo LED, fase cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 16. Espírito Santo do Pinhal, 1990. Resumos... Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1990. p.135-9.
- VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Controle da toxidez de alumínio e manganês em *Glycine max* (L) Merrill pela calagem e adubação fosfatada. *Agron. Sulriogr.*, 8(1):73-87, 1972a.
- VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Relação de substituição entre calcário e fósforo aplicado ao solo na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill). *Agron. Sulriogr.*, 8(2):187-93, 1972b.
- VINASCO OSSA, C.A. & VALENCIA-ARISTIZABAL, G. Contenido de nutrientes en la solución de suelos incubados con fuentes de cálcio. *Cenicafe*, (1):21-30, 1991.
- VITTI, G.C. Gessagem na agricultura. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DE SOLO. Machado, ANDA, POTAFOS, ESACMA, 1988. p.255-85.
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E. Fosfogesso - uso agrícola. In: MALAVOLTA, E., Coord. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.159-200.
- WAGNER, E. Desenvolvimento da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos cerrados; tecnologia e estratégia de manejo. São Paulo, Nobel, 1987. p.19-31.

APÊNDICE

APÊNDICE A

QUADRO 1A - Análise de Variância dos Teores de Ca e Mg Trocáveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio					
		CaS	CaM	CaI	MgS	MgM	MgI
Blocos	3	1,599**	0,372*	0,365**	0,112	0,210*	0,290**
C-G vs MCG-P	1	9,101**	1,683**	1,302**	2,106**	0,625**	0,418**
C-G	13	2,830**	0,391**	0,230**	0,924**	0,308**	0,172
MCG-P	13	1,302**	0,145**	0,058**	0,215**	0,047*	0,021*
Resíduo	81	0,355	0,065	0,056	0,129	0,055	0,063
C.V. (%)		48,37	46,56	66,78	63,48	70,50	97,01

* e ** : significativos de 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 2A - Análise de Variância dos Teores de Ca e Mg Trocáveis nas Camadas Superficial (S), Média (M) e Inferior, nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio					
		CaS	CaM	CaI	Mgs	MgM	MgI
Blocos	3	0,182**	0,135**	0,097**	0,037*	0,043*	0,045**
C-G VS MCG-P	1	1,867**	0,441**	0,285**	0,049*	0,018	0,014
C-G	13	0,319**	0,084**	0,039**	0,048**	0,030**	0,022**
MCG-P	13	0,083**	0,030	0,011	0,037**	0,023**	0,012*
Resíduo	81	0,044	0,018	0,012	0,010	0,006	0,006
C.V. (%) :		49,88	53,38	60,57	40,86	38,54	47,64

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 3A - Análise de Variância do pH e dos Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio					
		pHS	pHM	PHI	AlS	AlM	AlI
Blocos	3	0,924	0,706**	0,812**	0,308	1,247**	2,457**
C-G vs MCG-P	1	1,865	0,502**	0,440**	3,682**	2,017**	1,181**
C-G	13	0,952**	0,152**	0,058	1,603**	0,670**	0,271*
MCG-P	13	0,325**	0,115**	0,021*	1,971**	0,682**	0,409*
Resíduo	81	0,085	0,024	0,020	0,151	0,161	0,156
C.V. (%)		6,54	3,67	3,45	34,60	28,75	29,39

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 4A - Análise de Variância do pH e dos Teores de Al Trocável nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio					
		pHS	pHM	pHI	AlS	AlM	AlI
Blocos	3	0,099	0,178	0,024	0,919**	0,551**	0,432**
CG vs MCG-P	1	0,087	0,062	0,022	0,564*	0,634	0,483*
C-G	13	0,347**	0,066	0,079**	0,476**	0,186**	0,126
MCG-P	13	0,172**	0,141*	0,107	0,301**	0,213**	0,224*
Resíduo	81	0,063	0,054	0,037	0,113	0,079	0,090
C.V. (%)		5,67	5,37	4,54	27,50	22,35	26,22

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 5A - Análise de Variância dos Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado medio					
		SS	SM	SI	PS	PM	PI
Blocos	3	808**	445**	738**	32,23	9,69*	2,05*
C-G vs MCG-P	1	7124**	10671**	2649**	107,43**	10,71**	2,048
C-G	13	1534**	2463**	939*	13,95	2,208	0,528
MCG-P	13	565**	228	77,90	47,07**	5,37	0,717*
Resíduo	81	128	292	244	12,13	2,12	0,42
C.V. (%)		26,10	44,76	55,67	45,43	65,85	58,84

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 6A - Análise de Variância dos Teores de S e P Disponíveis nas Camadas Superior (S), Média (M) e Inferior (I), nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio					
		SS	SM	SI	PS	PM	PI
Blocos	3	502,587**	806,093**	824,654**	11,721	3,65	7,393
C-G vs MCG-P	1	1096,86**	1549,39**	785,285**	19,638	1,30	0,023
C-G	13	406,70**	460,664**	257,530**	4,392	3,257	0,683
MCG-P	13	67,820	67,672	47,55	7,845	2,856	3,163
Resíduo	81	59,996	78,304	63,830	5,279	3,104	2,466
C.V. (%) :		20,41	24,27	22,65	69,48	96,71	104,01

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 7A - Análise de Variância dos Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Plantas do Cafeeiro Catuaí, nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		CaF	MgF	SF	PF
Blocos	3	0,204**	0,245**	0,003	0,004
C-G vs CG-P	1	0,191**	0,005	0,0002	0,0006
C-G	13	0,008	0,004	0,002	0,0002
MCG-P	13	0,024**	0,004	0,002	0,0002
Resíduo	81	0,007	0,005	0,002	0,0002
C.V. (%)		13,57	24,75	20,11	9,36

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 8A - Análise de Variância dos Teores de Ca, Mg, S e P nas Folhas de Plantas do Cafeeiro Catuaí, nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		Ca	Mg	S	P
Blocos	3	0,128**	0,035*	0,001	0,00046*
C-G vs MCG-P	1	0,348**	0,052*	0,027*	0,00198**
C-G	13	0,053**	0,037**	0,011**	0,00022
MCG-P	13	0,052**	0,028**	0,006**	0,000608**
Resíduo	81	0,016	0,011	0,002	0,00016

C.V. (%)		23,90	26,59	19,69	8,50

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 9A - Análise de Variância dos Valores de Comprimento de Ramos Ortotrópico (RO) e Plagiotrópico (RP) e Diâmetro de Copa (DCO) de Plantas do Cafeeiro Catuaí, nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 12 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		CO	CP	DCO
Blocos	3	166,080**	61,768**	91,002**
C-G vs MCG-P	1	0,257	3,548	19,16
C-G	13	11,890	13,983	19,248
MCG-P	13	5,019	5,702	23,937
Resíduo	81	11,078	9,574	22,808

C.V. (%)		7,64	7,41	5,69

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.

QUADRO 10A - Análise de Variância dos Valores de Altura (ALT), Diâmetro de Copa (DCO) e Produção (PRO) de Plantas do Cafeeiro Catuaí, nos Estudos do Calcário e Gesso (C-G) e da Mistura Calcário-Gesso e Fósforo (MCG-P), 24 Meses após a Aplicação dos Tratamentos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		ALT	DCO	PRO
Blocos	2	123,84*	75,468	0,72x10 ⁸ **
C-G vs MCG-P	1	57,13	70,683	0,43x10 ⁸ **
C-G	13	37,863	31,260	6,31x10 ⁶ *
MCG-P	13	99,215	185,269**	0,17x10 ⁸ **
Resíduo	81	44,308	32,469	3,52x10 ⁶
C.V. (%)		6,31	6,41	20,12

* e ** : significativos a 5 e 1% de probabilidades, respectivamente.