

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**MAPEAMENTO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DE CERRADO COM
CAFEICULTURA IRRIGADA USANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS**

OSVALDO FERREIRA DE AQUINO JUNIOR

Monografia apresentada ao curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

**Uberlândia – MG
Maio – 2000**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**MAPEAMENTO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DE CERRADO COM
CAFEICULTURA IRRIGADA USANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS.**

OSVALDO FERREIRA DE AQUINO JUNIOR

Orientador : Elias Nascentes Borges

Monografia apresentada ao curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

**Uberlândia – MG
Maio – 2000**

**MAPEAMENTO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DE CERRADO COM
CAFEICULTURA IRRIGADA USANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS.**

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM __/__/2000

**Prof. ° ELIAS NASCENTES BORGES
(Orientador)**

**Prof. ° Benjamim de Melo
(Conselheiro)**

**Prof. ª Regina Maria Quintão Lana
(Conselheira)**

**Uberlândia – MG
Maio– 2000**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a meus pais por tudo que fizeram para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus conselheiros professores Dr. Benjamin Melo e Dra. Regina Maria Quintão Lana, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos meus grandes amigos , Carlos Eduardo Vilela Filho, Cláudio Moreira B. Coelho e Marcelo Francisco Nunes, pela ajuda nos muitos momentos em que fiquei sobrecarregado.

Ao professor Dr. Ednaldo Carvalho Quimarães e ao geógrafo Altamir dos Santos Morais, pela colaboração na utilização do software Idrisi e sugestões na discussão deste trabalho.

E a todos os amigos do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	08
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

Resumo

O café é um dos principais produtos agrícolas de exportação do Brasil. Desta forma fica bem clara sua importância na balança comercial brasileira e a importância de criar manejos econômico e ecológico sustentáveis ao longo dos anos para a cultura.

O objetivo deste trabalho foi criar um banco de dados e mapear pH, cálcio, magnésio, alumínio e matéria orgânica, em solo originalmente de cerrado utilizado com cafeicultura irrigada, através de um S.I.G.- Sistema de Informações Geográficas caracterizando possíveis desbalanços, carência ou excessos de nutrientes no solo, obtendo informações que possibilitem propor um manejo diferenciado.

Este trabalho foi conduzido na fazenda Macaúbas, município de Patrocínio M.G. Foram demarcadas 4 malhas amostrais contendo 64 pontos de amostragem cada malha, e em cada ponto foi avaliado em duas profundidades, 0 a 20 e 20 a 40 cm. Os locais de coleta foram saia, rodada do trator e meio da rua, alternadamente.

Verificou-se que na profundidade de 0 a 20 cm os valores de pH, cálcio, magnésio se encontravam em níveis médios, enquanto que o alumínio apresentou-se em níveis médios. Na profundidade de 20 a 40 cm observou-se os níveis de pH cálcio se encontram em níveis baixos, alumínio e magnésio em níveis médios. A matéria orgânica nas duas profundidades se distribui de maneira mais homogênea e em níveis altos.

Conclui-se portanto que as duas profundidades se comportam diferentemente quanto aos níveis dos elementos analisados, a matéria orgânica se distribui de maneira mais homogênea nas duas profundidades, se faz necessário a aplicação de calcário dolomítico mais gesso para neutralizar a acidez e elevar os teores das bases.

1- INTRODUÇÃO

O café é considerado um dos principais produtos agrícolas cultivados em alguns países da América do Sul. O Brasil e a Colômbia são os países que detêm as maiores áreas plantadas e maiores produções na América do Sul. Estes dois países juntamente com a Indonésia, contribuem com mais de 50% da produção mundial. Nota-se portanto a grande influência do café na balança comercial brasileira.

Desde a introdução do café no Brasil, primeiramente no Pará, várias crises têm afetado de maneira diferenciadas a produção. Estas crises poderiam ser amenizadas se os produtores tivessem acesso à tecnologias que reduzissem os custos e melhorassem a qualidade do grão de café, uma vez que este é considerado um exemplo clássico de demanda inelástica, ou seja o consumo responde muito pouco ao preço do produto. Assim, quando há queda de produção seus preços explodem e, da mesma forma, se houver super produção seus preços desabam e nesse momento, principalmente, o agricultor deve ter alternativas para produzir com boa qualidade(AGRIANUAL 2000).

Minas Gerais é o estado brasileiro que detém a maior área plantada, totalizando aproximadamente 46 % de toda área cultivada no Brasil. Esta significativa percentagem na

produção brasileira se deve à tradição cafeeira do Sul do estado e a recente exploração das terras do cerrado, a partir da década de 1970.

O uso de um Sistema de Informações Geográficas, no mapeamento de pH, Ca, Mg, Al e MO possibilitará identificar áreas com algum problema, relacionado à esses atributos químicos, e diante de tal, propor um manejo diferenciado das práticas culturais, visando preservar a sustentabilidade do solo e obter produções máximas economicamente viáveis.

Uma expressão que hoje está em alta é a agricultura de precisão. Na cultura do café sua aplicação ainda é incipiente, no entanto este trabalho poderá servir como direcionamento para pesquisas subsequentes, pois otimizar produtividade e lucros é o objetivo de qualquer ramo produtivo.

Este trabalho teve como objetivo utilizar um S.I.G. para mapear atributos químicos do solo visando: a) Comparar os teores e a dinâmica do pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e Matéria Orgânica em três pontos amostrais do cafeeiro, saia do café, rodada do trator e meio da rua; b) Cria um banco de dados georreferenciados, e a partir deste cruzar as informações referentes aos atributos químicos analisados, visando propor práticas e/ou recomendações que garantam a sustentabilidade do solo em bases econômicas e ecológicas; c) Caracterizar as principais carências, excessos ou desbalanços de nutrientes no solo; d) Obter informações que possibilitem recomendações de adubação diferenciada.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

RAIJ et.al(1982), trabalhando com perdas de cálcio e magnésio ao longo de cinco anos pós calagem, observaram que estes íons se perdem diretamente no perfil do solo, não havendo acumulação dos cátions trocáveis no solo logo abaixo da camada arável.

Em função da heterogeneidade do solo, uma questão que sempre surge é o número de amostras necessárias para se estimar valores de atributos químicos e físicos com precisão e representatividade. Recomenda-se 20 amostras simples por gleba, que resultarão em uma amostra composta (Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais, (1989), contudo para análise de variação espacial SOUZA,COGO & VIEIRA(1997) sugerem que a amostragem seja feita em malhas quadradas de modo a permitir a interpolação entre pontos amostrais e elaboração de mapas sobre toda a área.

Pela própria natureza dos fatores responsáveis pela formação, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Em condições de campo, a única heterogeneidade considerada é na direção da profundidade, segundo uma coordenada z, diferenciando-se camadas e horizontes com diferentes propriedades Reichardt et al, citado por Carvalho et ali.(1998).

Os dados de NEPTUNE et al., citado por MALAVOLTA (1993) mostram que as raízes absorventes do cafeeiro aos 7 anos de idade concentram-se nos primeiros 15 cm de profundidade e num raio de 60 cm do tronco. Apesar da raiz principal poder atingir vários metros de comprimento, em geral não passa de 30-45cm.

O pH é um índice que fornece o grau de acidez ou alcalinidade de um extrato aguoso de solo. Valores de pH abaixo de 4,5 e acima de 7,5 restringem o crescimento de plantas, pois nestes casos indisponibilizam os nutrientes essenciais Tomé Jr.(1997).

Raij(1991), comenta que, o desenvolvimento gradativo de vegetais e de outros organismos, no processo de transformação de rochas em solos, permite o acúmulo progressivo de matéria orgânica, até um nível de equilíbrio entre adições e perdas por decomposição. Solos argilosos, em geral, são mais ricos em matéria orgânica do que solos arenosos. Ressalta ainda, que a matéria orgânica ou húmus não é apenas fonte de nutrientes, talvez sejam mais notáveis suas características de natureza coloidal, funcionando como condicionador de solo, aumentando a retenção de água e a capacidade de troca catiônica dos solos.

De acordo com Lepsch(1993) o intemperismo químico é provocado principalmente pelas águas das chuvas, cuja ação é diretamente proporcional à temperaturas mais elevadas. As reações mais importantes na decomposição dos minerais são: hidrólise, oxiredução, redução hidratação, carbonatação e solubilização. Os principais minerais liberados nestes processos são: sódio, potássio, cálcio e magnésio. Depois de liberados são fracamente retidos na superfície de algumas das partículas do solo de tamanho menor, que são as argilas e húmus, os quais têm capacidade de cedê-los às raízes.

Práticas de manejo tais como preparo do solo, adubações e calagens intensivas, algumas vezes executadas de modo incorreto, ocasionam alterações físicas e químicas do solo, com reflexos nas propriedades físicas, químicas, e atividades biológicas (Carvalho Jr., 1995).

Alterações na disponibilidade de nutrientes, provocadas pela calagem e adubações químicas pesadas segundo Sumner (1992), têm contribuído para a dispersão de argila com conseqüente movimento vertical. A deposição dessa argila entre 20 - 30 cm de profundidade proporciona a formação de uma camada compactada que além de restringir a infiltração de água e o crescimento de raízes provoca a formação de um ambiente redutor com produção de elementos tóxicos (Vomocil & Flocker, 1961).

Apesar do problema da compactação ser observado à bastante tempo, o uso intensivo atual, de grandes partes dos solos, continua sendo feito de forma inadequada, conforme observa Freitas (1994). A degradação do solo, ou o melhoramento de seu potencial produtivo é função do manejo a que é submetido. Como componente básico dos ecossistemas terrestres, o recurso solo está também, sujeito a variações nos demais componentes, tais como a hidrologia, os organismos, os quais estão sujeitos aos efeitos da ação antrópica. (Melo Filho & Silva, 1993).

O efeito de sistemas de uso e manejo sobre propriedades físicas e químicas do solo tem sido temas de várias pesquisas (Bertol, 1994; Carvalho Jr. 1995; Melo Filho & Silva 1993; Pimentel & Chaves, 1993), abrangendo diferentes ecossistemas.

Estes fatos tem comprometido as qualidades físicas, principalmente, aquelas que decorrem da porosidade efetiva (permeabilidade ao ar, drenagem, água disponível, erodibilidade, densidade aparente, consistência, espaço para crescimento radicular) e, conseqüentemente, o funcionamento destes solos para produções agrícola satisfatórias. Este

comprometimento da estrutura, funcionamento do solo, tem sido constatado em maior ou menor grau, em diversos sistemas de manejo, em diferentes classes de solos dentro dos chamados solos de cerrado (Bertol, 1994; Melo Filho & Silva, 1993; Reichert et al., 1993).

Com relação ao solo, em seu estado natural, tem sido verificado o aumento da densidade, devido a compactação, dificultando as trocas gasosas, a infiltração e o movimento de água, o crescimento de raízes, à atividade de microrganismos decompositores e/ou fixadores de nitrogênio conforme enfatizam Borges et al. (1997) e Freitas (1994).

Alvarenga (1993) comenta que o espaço poroso de aeração (macroporosidade efetiva) não deve ficar aquém de 10 a 12 % do volume do solo, para que o crescimento de raízes e de microrganismos não seja comprometido.

Em um solo compactado, ocorre diminuição na porosidade livre de água, com conseqüente decréscimo em sua permeabilidade tanto à água como às trocas gasosas. A baixa aeração induz à ramificação das raízes adventícias superficiais, tornando-as menos eficientes na absorção de água, nutrientes e trocas gasosas conforme afirmam Camargo & Alleoni (1997). Eaves et al (1969), comentam que, entre 10 e 15% de aeração do solo pode não ocorrer crescimento de plantas e microorganismos aeróbios.

Valores elevados de densidade do solo, por meio da compactação, pode inibir tanto o crescimento radicular como a macro e microfauna do solo. Segundo Taylor & Gardner (1963) isto ocorre em virtude do aumento do número de pequenos poros e conseqüentemente da diminuição dos macroporos. Pouco aproveitamento da água da chuva ou da irrigação, com constante saturação do perfil, causando danos às raízes por condições de redução química, toxidez de ferro e/ou manganês, menor transporte de nutrientes em direção às raízes são

algumas das conseqüências advindas com compactação que terão reflexos no crescimento radicular.

Grable (1966) relata que um desbalanceamento da relação água/oxigênio/gás carbônico, pode induzir a produção de substâncias tóxicas para os vegetais, alterações no pH e na disponibilidade de nutrientes. Como esta relação é dependente da porosidade, alterando-a com a compactação, modifica-se também o ambiente próximo às raízes.

Cassel (1991), observou que em Latossolo roxo a mais de quinze anos sob cultivo convencional, que a compactação do solo reduziu a porosidade de aeração para valores menores do $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, valor este muito inferior ao mínimo necessário para atividade biológica das raízes e dos microorganismos. Segundo Cintra et al. (1983), a aeração mínima está em torno de $0,19 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Camargo & Alleoni (1997), afirmam que a compactação do solo pode predispor o ambiente a algumas injúrias do sistema radicular e aos microorganismos do solo, devido ao aumento da persistência de herbicidas, fungicidas ou inseticidas, favorecendo inclusive maior severidade das doenças de solos. Moots et al. (1988), observaram que a podridão de raízes e o número de plantas mortas aumentaram com a compactação do solo.

A disponibilidade de nutrientes no solo é também afetada pela compactação, já que os mecanismos de fluxo de massa e difusão, responsáveis pelo transporte de nutrientes até aos sítios de absorção, são processos dependentes da estrutura do solo. Revisando este assunto, Bacchi (1976), cita que além de modificar os mecanismos pelos quais os nutrientes são transportados no solo, a compactação pode alterar a quantidade de nutrientes disponíveis na medida em que altera a mineralização de compostos orgânicos por afetar a aeração e a umidade do solo, tão importantes para a atividade microbiana no solo.

3 . MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento.

Este trabalho foi realizado no período de 1998/99, na fazenda Macaúbas, no município de Patrocínio MG, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 18° 57' 09" S, longitude 46° 59' 43" W. A precipitação média anual é de 1551mm, com evapotranspiração potencial média de 982 mm e déficit hídrico médio de 126mm AQUINO JR. (1998).

O solo amostrado foi um latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa, bem drenado, relevo suave ondulado, originalmente ocupado por vegetação tipo cerrado, atualmente se encontra cultivado com café.

A cultivar plantada é a Catuaí-vermelho, linhagem H 2077-2-5-99, implantada em janeiro de 1993, com espaçamento 4,0 x 0,70 m.

3.2 Estabelecimento das malhas amostrais.

As malhas amostrais foram marcadas usando-se G.P.S. - Sistema de Posicionamento Global - e teodolito. Cada malha com 150 m de comprimento por 30m de largura, totaliza 4500 m² de área, sendo todas alinhadas de modo paralelas entre si. A Figura 1 mostra o croqui da distribuição espacial dos 64 pontos equidistantes de 10 m, por malha..

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63

Figura 1. Croqui de uma malha amostral com 64 pontos equidistantes de 10 m.

Foram coletados duas amostras de aproximadamente 500g , nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm por ponto georeferenciados, totalizando 512 amostras de solo nas quatro malhas amostrais, conforme Boletim 100. As amostras de solo foram coletadas alternando o local de coleta entre a saia do cafeeiro, projeção da copa e rodada do trator.

3.3 Preparo e análises químicas das amostras.

Após a coleta das amostras, estas foram identificadas, acondicionadas e transportadas para o laboratório de análises químicas da Universidade Federal de Uberlândia. Em seguida, foram secas ao ar, peneiradas em peneira de 2 mm, obtendo a TFSA- terra fina seca ao ar.

3.3.1 Determinações de pH, Al⁺³, Ca⁺², Mg²⁺ e Matéria Orgânica

As determinações dos teores dos atributos analisados seguiram a metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997). Os valores de cálcio e magnésio e alumínio foram obtidos pelo método de extração em KCl 1 mol l^{-1} e titulados com EDTA $0,01\text{ mol l}^{-1}$, Ca^{2+} e Mg^{2+} e NaOH $0,1\text{ mol l}^{-1}$ e no caso do Al^{3+} .

Os valores de pH foram obtidos na relação água/solo de 1:2.5, e a matéria orgânica foi obtida pelo método indireto de oxidação do carbono orgânico por via úmida (método Walkley-Black)

3.4 Organização dos dados.

Obtidos os teores de cada elemento, os dados foram digitados na forma de planilhas do Excel e então submetidos ao software Idrisi gerando os mapas de distribuição espacial dos elementos dentro de cada malha amostral.

3.5 Análise estatística.

Procedeu-se a análise de variância usando-se o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial, $4 \times 3 \times 2$, para verificar a influência de malha, local de amostragem e profundidade de amostragem, sobre cada atributo. Sorteou-se aleatoriamente dentro de cada uma das quatro malhas, cinco pontos para cada local de amostragem em cada uma das profundidades, para constituir as repetições. Malha, local e profundidade de amostragem constituíram os tratamentos. Nos casos onde a análise de variância mostrou diferenças significativas aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatística.

3.6 Histórico da área.

Após remoção do cerrado natural, foi feita a calagem com 3500 kg ha⁻¹ a lanço, em área total, e mais 300 g por metro linear no sulco de plantio, juntamente com 300 g de gesso agrícola e 30 g de P₂ O₅, na forma de superfosfato simples. Após abertura das covas foram aplicados 30g por cova de P₂ O₅.

Durante o período de formação da lavoura foram aplicados 160kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, divididos em 4 coberturas no intervalo de outubro a março, de acordo com as primeiras chuvas.

A adubação no ano agrícola 98/99 foi dividida em 4 aplicações de N, 380kg ha⁻¹, e 400 kg ha⁻¹ de K₂O.

A área foi irrigada com canhão autopropelido com uma lâmina de água de 25 mm e turno de rega de 12 dias.

A produtividade média do ano agrícola 98/99 foi de 52 sacas beneficiadas por hectare e a produtividade média de 4 anos foi de 38 sacas beneficiadas por hectare.

3.5 Análise e interpolação dos dados.

Os resultados de cada atributo analisado, pH, Al⁺³, Ca⁺² Mg⁺² e M.O. avaliados em duas profundidades e em quatro malhas, geraram quarenta planilhas que submetidas ao software Idrisi produziram quarenta mapas de distribuição espacial, muitos sem diferirem entre si, estatisticamente, pelo teste de Z. Assim, foi possível reduzir os mapas significativos a 10. Pelo teste de Z, as médias não diferiram entre as malhas, contudo, diferiram entre as profundidades de 0 a 20cm e 20 a 40cm, desta forma agrupou-se os valores de cada atributo em duas formas : 1) médias das 4 malhas na profundidade de 0 a

20cm e, 2) médias de 4 malhas na profundidade de 20 a 40cm. As médias e desvio padrão são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média e desvio padrão dos teores de pH, Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e M.O., de 64 pontos, amostrados em LV, textura argilosa, submetido ao cultivo de café, na região de Patrocínio - M.G., nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

Atributo	Malha	Profundidade	Média	Desvio Padrão
PH	1	0 a 20 cm	5,07	0,85
		20 a 40 cm	5,05	0,85
	2	0 a 20 cm	5,36	1,13
		20 a 40 cm	5,28	0,88
	3	0 a 20 cm	5,66	1,17
		20 a 40 cm	5,25	0,86
	4	0 a 20 cm	5,90	1,23
		20 a 40 cm	5,30	0,91
Alumínio	1	0 a 20 cm	0,61	0,83
		20 a 40 cm	0,44	0,69
	2	0 a 20 cm	0,44	0,66
		20 a 40 cm	0,59	0,74
	3	0 a 20 cm	0,26	0,44
		20 a 40 cm	0,45	0,67
	4	0 a 20 cm	0,25	0,52
		20 a 40 c	0,31	0,44

Atributo	Malha	Profundidade	Média	Desvio Padrão
Cálcio	1	0 a 20 cm	2,44	1,54
		20 a 40 cm	1,71	0,97
	2	0 a 20 cm	2,58	1,24
		20 a 40 cm	1,69	0,84
	3	0 a 20 cm	2,29	1,27
		20 a 40 cm	1,71	0,94
	4	0 a 20 cm	2,48	1,45
		20 a 40 cm	1,84	0,77
Magnésio	1	0 a 20 cm	0,88	0,65
		20 a 40 cm	0,53	0,28
	2	0 a 20 cm	1,06	0,72
		20 a 40 cm	0,63	0,39
	3	0 a 20 cm	0,93	0,72
		20 a 40 cm	0,60	0,28
	4	0 a 20 cm	0,95	0,56
		20 a 40 cm	0,81	0,50

Atributo	Malha	Profundidade	Média	Desvio Padrão
Matéria Orgânica	1	0 a 20 cm	2,82	0,67
		20 a 40 cm	3,47	1,10
	2	0 a 20 cm	3,44	0,82
		20 a 40 cm	2,33	1,19
	3	0 a 20 cm	2,80	0,43
		20 a 40 cm	3,32	0,95
	4	0 a 20 cm	3,87	1,08
		20 a 40 cm	3,44	1,50

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Para o pH, os resultados obtidos mostram que houve diferença significativa para local de amostragem e malha, Quadro 1. Pode-se observar, pelas médias, que valores mais elevados de pH são encontrados na profundidade de 0 a 20 cm, no meio da rua e na rodada do trator Quadros 2 e 3.

Quadro 1. Resumo da análise de variância do pH, de um Latossolo Vermelho - amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	3.103873*	96*	3.32249*	0.000585*
LOCAL	2	28.80147*	96*	58.67034*	0.000000*
PROF.	1	1.246400	96	2.53908	0.114347
M. X L.	6	0.54687	96	1.11401	0.359971
M X P.	3	0.67984	96	1.38488	0.252090

Quadro 2. Teste de Tukey, a nível de significancia de 5 %, para pH entre as 4malhas.

	Malha1 5.1027	Malha2 5.3500	Malha3 5.1483	Malha4 5.8066
Malha 1 5.1027		0.5230	0.9944	0.0011*
Malha2 5.3500	0.5230		0.6814	0.0626
Malha3 5.1483	0.9944	0.6814		0.0025*
Malha4 5.8066	0.0011*	0.0626	0.0025*	

Quadro 3. Teste de Tukey, a nível de significancia de 5 %, para pH entre os três locais de amostragem, saia, rodada e meio da rua.

	Saia 4.3963	Rodada 5.6425	Meio 6.0170
Saia 4.3963		0.0001*	0.0001*
Rodada 5.6425	0.0001*		0.04889
Meio 6.0170	0.000*	0.0489*	

Valores menores na região da saia podem ser explicados pelo fato da adubação nitrogenada e potássica ser localizada na região da projeção da copa do cafeeiro, devido à grande quantidade de matéria orgânica na saia e que em decomposição libera ácidos húmicos e fúvicos, devido à maior lixiviação de bases em função da maior permeabilidade desta região, além do próprio processo de absorção de nutrientes pelas raízes estar liberando H^+ para a solução do solo.

A interpolação dos atributos, analisados nas malhas, mostrou que os valores de pH são mais elevados na profundidade de 0-20 cm, Figura 2, do que na profundidade de 20 a

40cm Figura 3. Conquanto o solo tenha recebido uma aplicação de gesso no sulco de plantio, possivelmente a aplicação do calcário superficial a lançar em área total pode estar contribuindo para maiores valores na superfície.

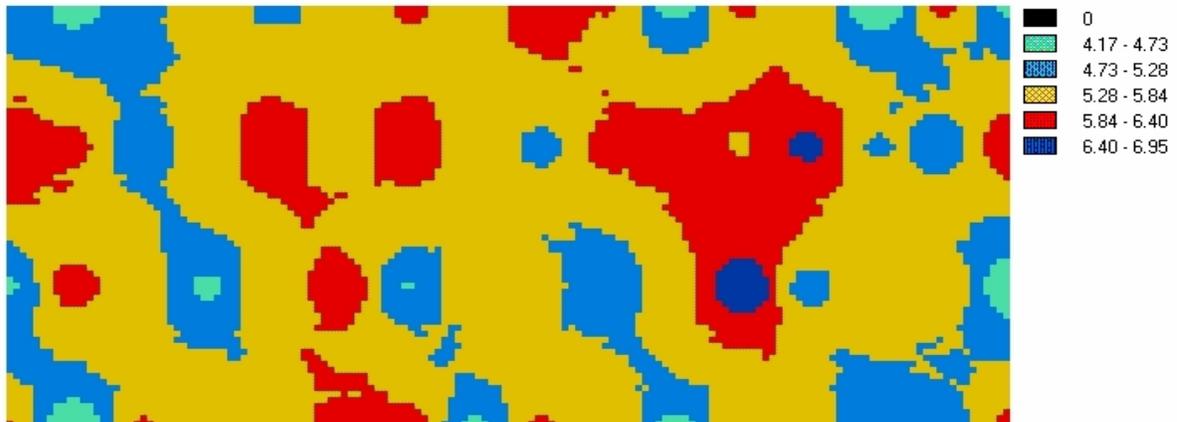


Figura 2. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de dados pH das 4 malhas amostrais, na profundidade 0 a 20cm

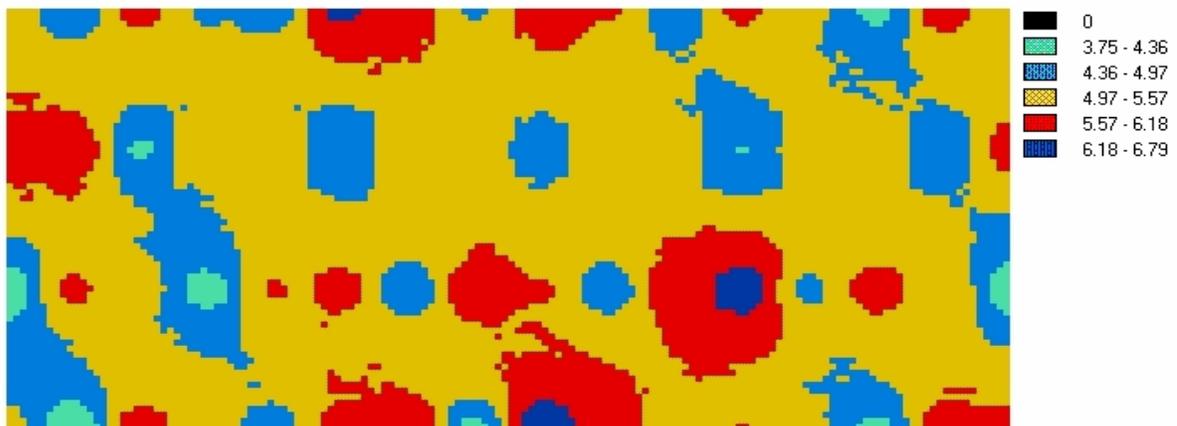


Figura 3. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de dados pH das 4 malhas amostrais, na profundidade 20 a 40cm

Houve diferença, para o pH significativa somente entre as malhas 3 e 4 Quadro 2. Possivelmente pelo fato da malha 4 estar no topo do relevo onde as perdas de bases por lavagem ou enxurrada são menores do que na malha 3 que é um pouco mais declivosa.

Malavolta (1993) comenta que valores de pH próximos a 6,5 sugere alta produtividade do cafeeiro, valores em torno de 5,8 sugere uma média produtividade, enquanto que pH abaixo de 5,5 indicam baixa produtividade. Observa-se pela figura 2 que 62 % da área da malha, está com pH entre 5,28 - 5,84. Esta distribuição espacial do pH enquadra-se na faixa de valores da média produtividade proposta por Malavolta, uma vez que a produtividade média do cafeeiro estudado foi de 52 sacas beneficiadas por hectare, em 1999. O potencial produtivo para a área submetidas as condições quase que ideais de manejo e irrigação é de 120 sacas beneficiadas por hectare.

A análise de variância para o alumínio mostra que somente houve diferença estatística para local de amostragem, Quadro 4. No Quadro 5 é apresentado o resultado do desdobramento, onde a saia diferiu de rodada e meio da rua, sendo que meio e rodada não diferiram entre si.

Quadro 4. Resumo da análise de variância do alumínio, de um Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	0.28384	96	1.07975	0.361479
LOCAL	2	12.3967*	96*	47.1586*	0.00000*
PROF.	1	0.02394	96	0.09108	0.763464
M. X L.	6	0.23037	96	0.87637	0.515332
M X P.	3	0.41531	96	1.57990	0.499268
L. X P.	2	0.27394	96	1.04211	0.356666
M. X L. X P.	6	0.29904	96	1.13758	0.346598

Quadro 5. Teste de Tukey para as médias de alumínio, amostradas em três locais : saia, rodada e meio.

	Saia 1.0650	Rodada 0.0825	Meio 0.1201
Saia 1.0650		0.0001*	0.0001*
Rodada 0.0825	0.0001*		0.9424
Meio 0.1201	0.0001*	0.9424	

O íon Al^{+3} na profundidade de 0 a 20cm, Figura 4, está distribuído na sua maior parte entre 0,43 e 0,70 $Cmol_cdm^{-3}$, níveis médios. Cerca de 55% da área, 2485.29 m^2 está compreendida nesta faixa. O ideal é que a maior parte da área estivesse com nível 0 de alumínio trocável.

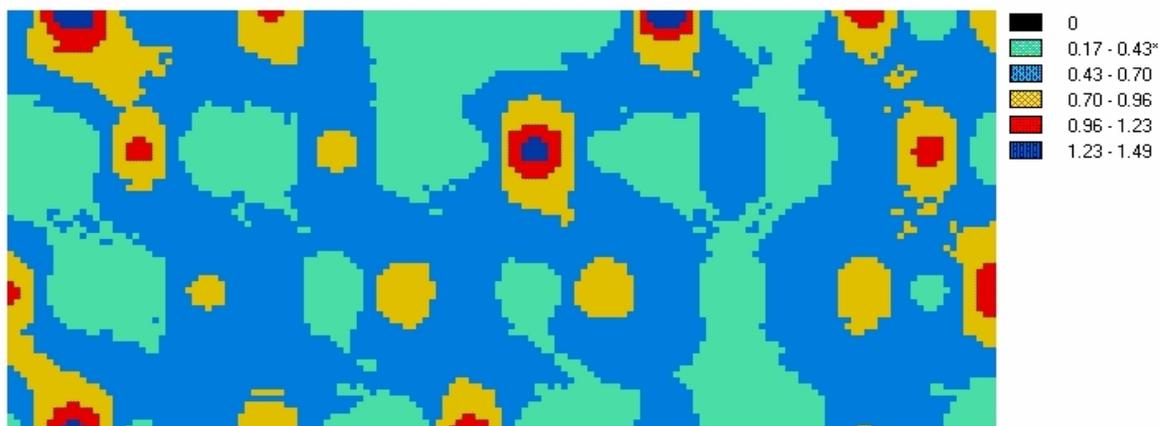


Figura 4. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Al^{+3} das 4 malhas amostrais, na profundidade 0 a 20cm. x- valores expressos em $Cmol_cdm^{-3}$

Na camada de 20 a 40 cm, Figura 5, de profundidade o que predomina são níveis médios de alumínio, contudo estes níveis estão um pouco mais elevados do que na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Este comportamento pode ser explicado pelo fato da correção de solos ácidos ser mais efetiva nas camadas mais superficiais, além de ser o cálcio um elemento muito extraído pelo cafeeiro e teores mais elevados de alumínio estão intimamente ligados a ausência de cálcio e magnésio.

Partindo-se do princípio que o cafeeiro é uma cultura perene de raiz pivotante, correções da acidez e de bases a maiores profundidades são importante para manutenção da produtividade da plantas em todos os anos, diminuindo a bianualidade de produção tradicional na cultura.



Figura 5. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Al^{+3} 4 malhas amostrais, na profundidade 20 a 40cm x- valores expressos em $Cmol_c md^{-3}$

No Quadro 6, a análise de variância para o cálcio mostra que houve diferença significativa para local e profundidade de amostragem, além da interação entre malha e local.

Quadro 6. Resumo da análise de variância do cálcio, de um Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	1.34448	96	1.74146	0.163676
LOCAL	2	18.5405*	96*	24.01485*	0.00000*
PROF.	1	10.54947*	96*	13.66435	0.000364*
M. X L.	6	3.18253*	96*	4.12222	0.001002*
M X P.	3	0.16867	96	0.21847	0.883367
L. X P.	2	2.22313	96	2.87954	0.061025
M. X L. X P.	6	0.78398	96	1.01547	0.419965

O desdobramento da análise de variância para local de amostragem mostra que saia diferiu de rodado e meio, sendo que meio e rodada não diferiram entre si Quadro 7.

Quadro 7. Teste de Tukey para as médias de cálcio, em três locais de amostragem, saia, rodada e meio ao nível de 5% .

	Saia 1.3275	Rodada 2.3780	Meio 2.60300
Saia 1.3275		0.0001*	0.0001*
Rodada 2.3780	0.0001*		0.488921
Meio 2.6030	0.0001*	0.488921	

O teste de Tukey ,para profundidade de amostragem, mostrou, como era de se esperar, que existe diferença entre as duas camadas analisadas. Outro fato constatado é que os níveis médios de cálcio são maiores na camada superficial, justificando-se pela aplicação não incorporada, de calcário, à camadas mais profundas.

Quadro 8. Teste de Tukey para as médias de cálcio em duas profundidades, 0 a 20cm e20 a 40cm ao nível de 5% .

	0 a 20cm 2.3993	20 a 40cm 1.8063
0 a 20cm 2.3993		0.000464*
20 a 40cm 1.8063	0.000464*	

Com relação ao desdobramento da interação local e profundidade de amostragem o Quadro 9 apresenta um fato interessante, rodada e meio da rua não diferiram entre si na mesma profundidade amostrada, mas diferiram quando analisadas em camadas diferentes, mostrando que o comportamento do cálcio no solo está sendo influenciado pelo manejo aplicado na camada arável

Valores mais elevados de cálcio foram encontrados na rodada e meio da rua da camada de 0 a 20 cm de profundidade respectivamente, provavelmente por ser o cálcio um elemento muito extraído pela cultura do cafeeiro, MALAVOLTA (1993), principalmente na

região da saia, justamente onde se concentram as raízes absorventes e os níveis deste elemento são mais baixos.

Quadro 9. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, das médias de cálcio para a interação entre local e profundidade de amostragem.

	Saia 0-20cm 1.3880	Saia 20-40cm 1.2670	Rodada0- 20cm 2.9100	Rodada 20- 40cm 1.8460	Meio 0-20cm 2.9000	Meio 20- 40cm 2.3060
Saia 0-20cm 1.3880		0.998009	0.000125*	0.569040	0.000126*	0.016510*
Saia 20-40cm 1.2670	0.998009		0.000125*	0.304567	0.000122*	0.004222*
Rodada0-20cm 2.9100	0.000125*	0.000122*		0.003148*	1.000000	0.259740
Rodada 20-40cm 1.8460	0.569040	0.304567	0.003148*		0.003541*	0.564330
Meio 0-20cm 2.9000	0.000126*	0.000122*	1.000000	0.003541*		0.277148
Meio 20-40cm 2.3060	0.016510	0.004222*	0.259740	0.564330	0.277148	

As figuras 6 e 7 mostram a distribuição espacial de cálcio nas camadas de 0a 20 cm e 20 a 40 cm respectivamente. A camada de 0 a 20 cm apresenta valores médios de cálcio, Figura 6 onde 60% da área se encontra na faixa de 2.16 a 2.86 $\text{Cmol}_c\text{dm}^{-3}$, na camada de 20 a 40 cm apesar dos teores terem ficados um pouco a baixo dos valores superficiais, sendo que 49% da área da malha se encontra na classe compreendida pelo intervalo de 1,25 a 1,72 $\text{Cmol}_c\text{dm}^{-3}$

Esses valores, considerados médios pela CFSEMG (1989), juntamente com valores médios à baixos de pH se relacionam com a produtividade obtida no ano agrícola de 98/99 , uma vez que estão intimamente ligados a produção.

O cálcio é o terceiro elemento mais extraído por um cafeeiro adulto segundo MALAVOTA (1993), o que juntamente com os resultados obtidos neste trabalho evidenciam a necessidade de se fazer uma calagem uniforme ao longo de toda área.

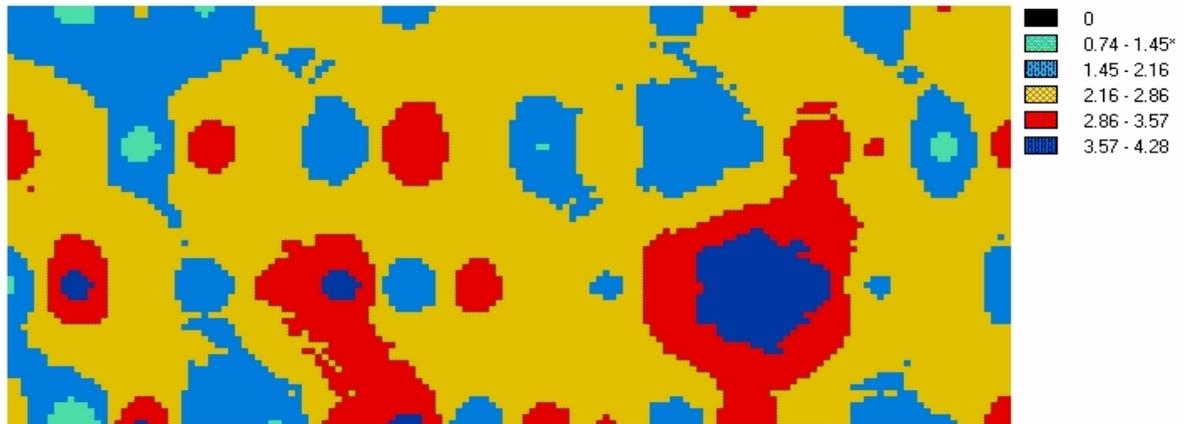


Figura 6. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Ca^{+2} das 4 malhas amostrais, na profundidade 0-20cm x- valores expressos em $\text{Cmol}_c\text{dm}^{-3}$

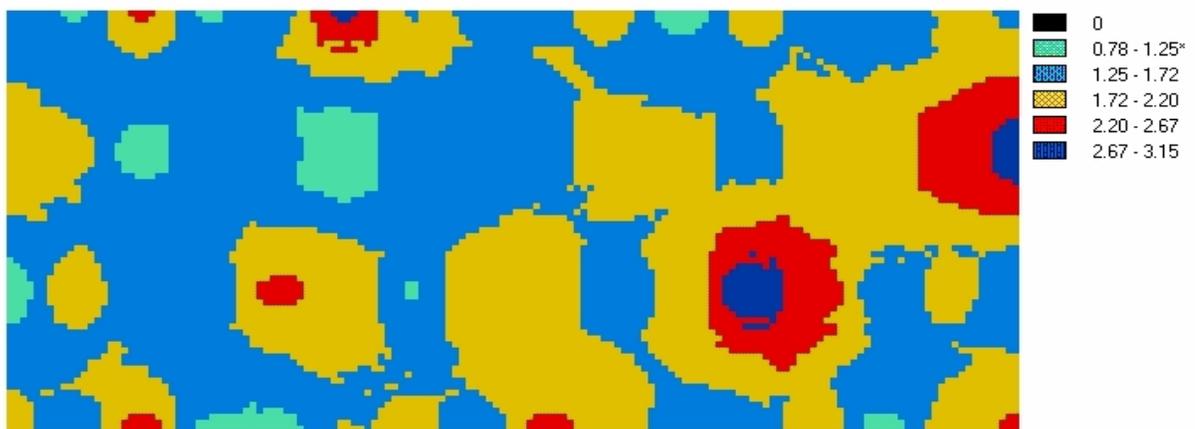


Figura 7. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Ca^{+2} das 4 malhas amostrais, na profundidade 20 a 40cm x Valores expressos em $\text{Cmol}_c\text{dm}^{-3}$

Assim como pode ser visto no teste de tukey para a profundidade, as imagens geradas pelo Idrisi confirmam esta diferença e revelam ainda o quanto a distribuição espacial do cálcio nas duas camadas foi heterogênea.

Para o magnésio a análise de variância apresentou diferença significativa para local e profundidade, assemelhando-se com os resultados obtidos para o cálcio. O quadro 10 são apresentados os resumos da análise de variância para o magnésio.

Quadro 10. Resumo da análise de variância do magnésio, de um Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	0.272750	96	0.829864	0.480632
LOCAL	2	2.388010*	96*	7.265714*	0.01153*
PROF.	1	3.065603*	96*	9.327346*	0.002922*
M. X L.	6	0.137957	96	0.419744	0.864267
M X P.	3	0.242972	96	0.739263	0.531179
L. X P.	2	0.490663	96	1.492883	0.229894
M. X L. X P.	6	0.337819	96	1.027841	0.412072

Procedeu-se ao teste de Tukey para os tratamentos que apresentaram diferença, sendo observado que as duas profundidades diferiram entre si e que para local de amostragem somente saia foi diferente do meio da rua Quadros 10 e 11 respectivamente.

Quadro 11. Teste de Tukey das médias de magnésio, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, ao nível de 5% de probabilidade.

	0 - 20cm	20 - 40cm
	1.033333	0.7136667
0 - 20cm		0.003058*
1.033333		
20 - 40cm	0.003058*	
0.7136667		

Quadro 12. Teste de Tukey, para magnésio, em três locais de amostragem, saia, rodada e meio, ao nível de 5% de probabilidade.

	Saia 0.625500	Rodada 0.881000	Meio 1.114000
Saia 0.625500		0.119492	0.000805*
Rodada 0.881000	0.119492		0.169383
Meio 1.114000	0.000805*	0.169383	

A interpolação dos dados médios de magnésio, através do Idrisi é apresentada nas Figuras 8 e 9, de 0 a 20 cm e 20 a 40 respectivamente.



Figura 8 .Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Mg^{+2} das 4 malhas amostrais, na profundidade 0-20cm

Quando se compara as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade vemos que para o magnésio a heterogeneidade foi muito discrepante, quando comparada com os outros elementos. A camada superficial não se assemelha quase nada com a camada subsuperficial, desta forma, neste trabalho se evidencia provavelmente a má distribuição de calcário ao longo da malha, na horizontal e em profundidade, na vertical.



Figura 9. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de Mg^{+2} das 4 malhas amostrais, na profundidade 20 a 40cm.x- valores expressos em $Cmol_cdm^{-3}$

Para o magnésio, na camada de 0 a 20cm, 67 % da área da se encontra na faixa de 0.67 a $1.00 Cmol_cdm^{-3}$, Figura 8. Quanto aos valores na subsuperfície, Figura 9, verifica-se que 57% da área apresenta valores compreendidos entre de 0.59 a $0.78 Cmol_cdm^{-3}$, considerados níveis médios.

A análise de variância Quadros 1, 4, 6 e 10 mostra que as variáveis pH, Al, Ca e Mg apresentaram diferenças significativas entre locais da amostragem. Aplicação do Tukey a nível de probabilidade de 5%, evidencia que os valores de pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} não diferiram ente si na rodada e meio da rua e foram significativamente superior aos valores observados na saís do cafeeiro.

Com relação à profundidade de amostragem verifica-se na análise de variância que somente cálcio Quadro 6 e magnésio Quadro 10 apresentaram diferenças significativas. O teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade apontou níveis médios mais elevados nas camadas superficiais.

Estes resultados, confirmam as recomendações da literatura, Boletim Técnico do CATI (1999); CFSEM(1989) e Boletim Técnico 100(1996), que recomendam que a amostragem seja estratificada nas profundidades de 0 a 20cm e 20 a 40 cm, efetuada na saia da planta para adubação mineral. Quando for realizar a aplicação da calagem, recomenda-se também amostrar no meio da rua de maneira independente da saia. Na rodada do trator não recomenda-se amostragem para afeito de manejo químico, no entanto recomenda-se no caso da aplicação do manejo físico, como a subsolagem.

A análise de variância para a matéria orgânica mostra diferença somente para a interação entre malha e profundidade Quadro 13. O desdobramento mostrou que somente houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade para a profundidade 20 a 40 cm entre as malhas 1 e 2, Quadro 14. Fica claro portanto que para a M.O., neste trabalho, as quatro malhas amostrais são bastante homogêneas no que se refere à distribuição espacial, tanto na horizontal quanto na vertical. SOUZA, COGO & VIEIRA (1997) obtiveram coeficientes de variação de 23,5 % , considerado médio, para a M.O., trabalhando com variabilidade de propriedades físicas e químicas em citrus.

Quadro 13. Resumo da análise de variância do matéria orgânica, de um Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	2.845230	96	2.581986	0.057875
LOCAL	2	0.784023	96	0.711485	0.493485
PROF.	1	0.482601	96	0.437950	0.509699
M. X L.	6	0.244662	96	0.222026	0.968809
M X P.	3	4.429905*	96*	4.020046*	0.009663*
L. X P.	2	0.628443	96	0.570299	0.567260
M. X L. X P.	6	0.565098	96	0.512814	0.797328

Quadro 14. Teste de Tukey a nível de 5% para as médias da interação entre malha e profundidade de amostragem, para a matéria orgânica.

	M1P1 2.71667	M1P2 3.70267	M2P1 3.2260	M2P2 2.41467	M3P1 2.75667	M3P2 3.19733	M4P1 3.58267	M4P2 3.4747
M1P1 2.71667		0.179186	0.88560	0.993436	1.00000	0.913157	0.326974	0.50235
M1P2 3.70267	0.179186		0.91669	0.20393*	0.222019	0.889786	0.999986	0.99893
M2P1 3.2260	0.885670	0.916619		0.412016	0.922743	1.000000	0.982360	0.99807
M2P2 2.41467	0.993436	0.20393*	0.41206		0.986180	0.459891	0.057494	0.11637
M3P1 2.75667	1.000000	0.222019	0.92273	0.986180		0.943804	0.388317	0.57250
M3P2 3.19733	0.913157	0.889786	1.00000	0.459891	0.943804		0.972656	0.99614
M4P1 3.58267	0.326974	0.999986	0.98236	0.057494	0.388317	0.972656		0.99999
M4P2 3.4747	0.502349	0.998928	0.998072	0.116365	0.572499	0.996141	0.999993	

As figura 10 e 11 mostram a distribuição do teores de M.O. nas duas profundidades amostradas. Nota-se a homogeneidade quando se observa a figura 10 e verificamos que 59% da área, 2653.71 m², apresentou valores entre 3.08 a 3.44 % enquanto que a Figura 11, 47% da área está compreendida com valores de 3.04 a 3.54% indicando que para as condições deste trabalho, para a M.O. não seria necessário tantas amostras.

Grandes quantidades de material orgânico são adicionadas na cultura do café. Cita-se as folhas que caem na região da saia durante o ciclo produtivo, o controle de plantas daninhas com herbicidas, além da palha do café que é aplicada na saia do cafeeiro. Todos esses fatores contribuíram para que neste trabalho, os níveis de matéria orgânica fossem altos nas duas profundidades avaliadas.



Figura 10 . Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de M.O. das 4 malhas amostrais, na profundidade 0 a 20cm. x - Valores expressos em percentagem.

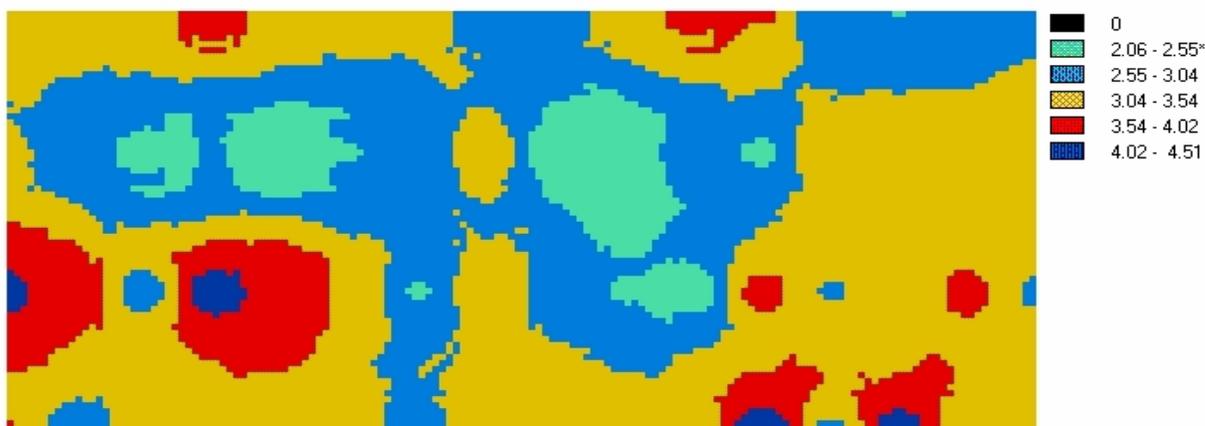


Figura 11. Imagem média reclassificada, gerada pelo software Idrisi, resultante da interpolação de valores de M.O. das 4 malhas amostrais, na profundidade 20 a 40cm. x - Valores expressos em percentagem.

Em solos cultivados com gramíneas, a distribuição da M.O., ao longo do perfil decresce menos bruscamente com a profundidade, devido a adição de restos orgânicos por suas raízes. Há inclusive situações em que o teor de M.O. é maior na subsuperfície (MELLO 1987). Comparando os mapas da matéria orgânica, percebe-se alguns locais onde a concentração é maior na camada de 20 a 40 cm, possivelmente devido a rápida incorporação de raízes e restos orgânicos das plantas daninhas controladas.

Depois de apresentados estes resultados fica claro a necessidade da criação de um novo tipo de manejo que proporcione uma calagem e adubação mais uniforme. Hoje o que se tem para contornar essas desuniformidades inerentes ao solo é um pacote tecnológico conhecido como Agricultura de Precisão.

Este tipo de manejo leva em consideração a heterogeneidade do solo, e para contorná-la utiliza-se de mapas gerados por um S.I.G., que neste caso foi o Idrisi, georreferenciados através do uso de sistema de posicionamento global, além de um equipamento que faça a leitura dos mapas georreferenciados e seja capaz de alterar a quantidade de insumo aplicado de acordo com a necessidade de cada classe de intervalos presente nos mapas.

Não há a menor duvida de que este manejo seria o ideal, contudo nos Estados Unidos onde estes conceitos já estão em uso por mais de dez anos, ainda faltam especialistas e as técnicas desenvolvidas assumem que os agricultores possuem mais conhecimento e visão do que aqueles colocados pela tecnologia existente.

Na cultura do cafeeiro a agricultura de precisão é praticamente inesistente, no entanto devido à sua grande importância social e econômica em breve esta técnica deve ser implantada. Não podemos tratar o solo como foi tratado até agora, ou seja a homogeneidade só era considerada quanto às características visuais, como pode-se perceber na estatística clássica, no caso da matéria orgânica não apontou diferença para local nem para profundidade de amostragem, mas quando se compara os mapas das duas profundidades fica claro a grande heterogeneidade, que não aparece no estudo das médias.

5. CONCLUSÃO.

Não se pode tratar o solo como sendo homogêneo, por não ser confiáveis as características visuais de campo.

A agricultura de precisão com certeza é a melhor técnica de manejo por tratar o solo de acordo com sua heterogeneidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALVARENGA, C.R. Potencialidade de adubos verdes para conservação e recuperação de solos. Viçosa, 1993. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

BACCHI, O.O.S. Efeito da compactação sobre o sistema solo-panta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba, 1976. 65p. Dissertação (M.S.)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.18, p.267-271, 1994.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F; CORRÊA, G.F.; COSTA, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. **Rev. bras. Ci. Solo**, v.21, p.125-130, 1997.

- CAMARGO, O.A. de.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997. 132p.
- CARVALHO JÚNIOR, I. A. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em Latossolo de textura média, sob diferentes aspectos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 83p. (Tese, Mestrado).
- CARVALHO, O. S., et al. Variabilidade espacial de algumas propriedades químicas de um solo submetido a diferentes sucessões de cultivo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.22, p.497-503, 1998.(Parte da tese de doutorado do primeiro autor)
- CASSEL, D.K. Mechanical properties and tillage requirements of sandy soils. **Adv. Agron.**, New York, v.1, p. 39-50, 1991.
- CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, F. Caracterização do impedimento mecânico em um latossolo roxo do Rio Grande do Sul. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.7, p. 323-327, 1983.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais ; Lavras, p. 11, 1989

EAVES, B.W.; RATLIFE, L.F.; TAYLOR, J.M. Use of a dead-load technique to determine axial root growth pressure. **Agron. j.**, v.61, p.640-643, 1969.

EAVES, B.W.; RATLIFE, L.F.; TAYLOR, J.M. Use of a dead-load technique to determine axial root growth pressure. **Agron. J.**, v. 61 p. 640-3, 1969.

EMBRAPA . **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro, 2^a ed., 1997,212 p.

FREITAS, P.L. DE. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1994, p.199-213.

GRABLE, A.R. Sol aeration and plant growth. **Advance in Agronomy**, v.18, p.57-106, 1966.

LEPSCH I. F. **Solos : Formação e conservação**. São Paulo, 5^a ed., Prisma 1993, p. 17-19.

MALAVOLTA E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1993 p. 4.

MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade de milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, p.291-297, 1993.

- MOOTS, C.K.; NICKELL, C.D.; GRAY, L.E. Effects of soil compaction on the incidence of *Phytophthora megasperma* f. Sp. *Glycinea* in soybean. **Plant Dis.**, St. Paul, v.72, p.896-900, 1988.
- PIMENTEL, G.B.M.; CHAVES, R.S. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do Médio Amazonas Paraense. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.135-138, 1993.
- RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba. POTAFOS, 1987. 142 p
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA H. ; CAMARGO A. P. & SOARES E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.6, p. 33-37, 1982.
- RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. POTAFOS, 1991. p.13-14
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, p.283-290, 1993.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: característica y manejo**. San Jose: Inst. Interam. Coop. Agric. 1981. 633p.

SOUZA, L da S.; COGO, N. P. & VIEIRA S., R., Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **R. bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.21, p.367-372, 1997.

SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solo ácidos. IN: II SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA,2., Uberaba, 1992. Brasília, Ed. Nagy, 1992. p.7-40.

TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling roots as influenced by bulk density, moisture content, and strenght of soil. **Soil Sci.**, v.96, p.153-156, 1963.

TOMÉ JÚNIOR, J. B.; **Manual para interpretação de análise de solo**, Gauíba. Agropecuária, p.92-93, 1997.

VOMOCIL, J.A.; FLOCKER, W.J. Effect of soil. Compaction of storage and movement of soil air and water. **Transaction of the ASAE**, v.4, p.242-246, 1961.

APÊNDICE

Quadro 1. Resumo da análise de variância do pH, de um Latossolo Vermelho - amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	3.103873*	96*	3.32249*	0.000585*
LOCAL	2	28.80147*	96*	58.67034*	0.000000*
PROF.	1	1.246400	96	2.53908	0.114347
M. X L.	6	0.54687	96	1.11401	0.359971
M X P.	3	0.67984	96	1.38488	0.252090
L. X P.	2	0.78404	96	1.59714	0.207808
M. X L. X P.	6	0.28639	96	0.58340	0.742773

Quadro 5. Teste de Tukey, a nível de significância de 5 %, para pH entre as 4 malhas.

	Malha1 5.1027	Malha2 5.3500	Malha3 5.1483	Malha4 5.8066
Malha 1 5.1027		0.5230	0.9944	0.0011*
Malha2 5.3500	0.5230		0.6814	0.0626
Malha3 5.1483	0.9944	0.6814		0.0025*
Malha4 5.8066	0.0011*	0.0626	0.0025*	

Quadro 6. Teste de Tukey, a nível de significância de 5 %, para pH entre os três locais de amostragem, saia, rodada e meio da rua.

	Saia 4.3963	Rodada 5.6425	Meio 6.0170
Saia 4.3963		0.0001*	0.0001*
Rodada 5.6425	0.0001*		0.04889
Meio 6.0170	0.000*	0.0489*	

Quadro 4. Resumo da análise de variância do alumínio, de um Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, avaliando efeito entre malhas amostrais, local de amostragem e profundidade de amostragem.

Causas da variação	G.L	Q.M.	G.L do ERRO	Valor F	Prob.>F
MALHA	3	0.28384	96	1.07975	0.361479
LOCAL	2	12.3967*	96*	47.1586*	0.00000*
PROF.	1	0.02394	96	0.09108	0.763464
M. X L.	6	0.23037	96	0.87637	0.515332
M X P.	3	0.41531	96	1.57990	0.499268
L. X P.	2	0.27394	96	1.04211	0.356666
M. X L. X P.	6	0.29904	96	1.13758	0.346598

Quadro 7. Teste de Tukey para as médias de alumínio, amostradas em três locais : saia, rodada e meio.

	Saia 1.0650	Rodada 0.0825	Meio 0.1201
Saia 1.0650		0.0001*	0.0001*
Rodada 0.0825	0.0001*		0.9424
Meio 0.1201	0.0001*	0.9424	