

ADILSON CATEN

**INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE CULTIVO NAS CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO
ARGILOSO, ORIGINALMENTE SOB CERRADO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS -:- MINAS GERAIS

1 9 8 2

ADILSON CATEN

**INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE CULTIVO NAS CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO
ARGILOSO, ORIGINALMENTE SOB CERRADO**

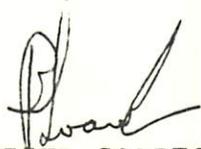
Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como
parte das exigências do Curso de
Pós-Graduação em Agronomia, área
de concentração Solos e Nutrição de
Plantas, para a obtenção do grau de

AVULSAS GERAIS

1 9 8 2

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE CULTIVO NAS CARACTERÍSTICAS
QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO
ARGILOSO, ORIGINALMENTE SOB CERRADO

APROVADA:



PROF. JOÃO BATISTA SOARES DA SILVA
Orientador



PROF. ALFREDO SCHEID LOPES



PROF. JUVENTINO JÚLIO DE SOUZA



PROF. MOZART MARTINS FERREIRA



PROF. VICTOR GONÇALVES BAHIA

Aos meus pais

*por terem propiciado as condições básicas, para que eu
seguisse este caminho. A quem devo o que sou.*

DEDICO

*Ao meu irmão Ademir
pelo apoio e incen-
tivo*

Minha Homenagem

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo...

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por ter proporcionado os recursos econômicos para a realização do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, à Coordenadoria de Pós-Graduação e ao Departamento de Ciência do Solo, pela acolhida e oportunidade concedida para a realização do referido curso.

Ao Plano Institucional de Capacitação de Docentes (PICD) pelo suporte financeiro, através da concessão de bolsa durante a realização do curso.

Ao Professor João Batista Soares da Silva, pela orientação e amizade com que sempre me distinguiu.

Aos Professores: Alfredo Scheid Lopes, Jeziel Cardoso Freire, Victor Gonçalves Bahia, Hércio Andrade, Mozart Martins Ferreira e Marco Aurélio V. Ribeiro, pelas críticas e sugestões.

Ao Professor Juventino Júlio de Souza, pelos conhecimentos transmitidos e pela ajuda nas análises ao Raio X.

Ao Professor Luiz Henrique de Aquino, pelo auxílio durante a análise estatística.

À Sin-Huei Wang, pelo constante apoio e incentivo no decorrer deste trabalho, a quem devo grande parte desta vitória.

À bibliotecária Maria Aparecida e Silva e demais funcionários da biblioteca da ESAL, pelos esclarecimentos relacionados às referências bibliográficas.

À todos os funcionários do Departamento de Ciência do Solo, em especial a Elaise Barbosa dos Santos e Ana Maria Pereira pela amizade e ajuda nas análises.

Aos colegas, Carlos Alberto Franco Tucci, Sônia Maria Botelho, Vilma da Silva e demais colegas do curso, pelo incentivo e companheirismo demonstrado durante os últimos dois anos.

À todos aqueles que contribuindo de algum modo, direta ou indiretamente, possibilitaram a elaboração deste trabalho e ofereceram-me suas amizades.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ADILSON CATEN, filho de João Caten e Maria Faria Caten, nasceu em Jerônimo Monteiro, Estado do Espírito Santo, aos 3 de outubro de 1953.

Concluiu o curso de 1º grau na cidade de origem e o de 2º grau na cidade de Alegre - ES.

Em 1975 iniciou o Curso de Engenharia Agronômica na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), graduando-se nesta Unidade de Ensino Superior em 1978.

Em 1979, realizou o Curso de Especialização em Ecologia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL). No mesmo ano foi contratado como Professor da UFES.

Em 1980, iniciou o Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na ESAL.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA	3.
2.1. Características gerais das áreas de cerrado	3.
2.1.1. Vegetação	3.
2.1.2. Solos	3.
2.2. Influência da calagem e adubações nas características químicas do solo	6.
2.2.1. Calagem	6.
2.2.2. Adubações	7.
2.3. Influência do sistema de cultivo e do modo de aplicação dos adubos nas características químicas do solo.	11.
2.4. Influência das culturas nas características químicas do solo	11.
2.5. Comportamento de alguns micronutrientes no solo	12.

2.5.1. Distribuição no perfil do solo	13.
2.5.2. Ferro	13.
2.5.3. Manganês	14.
2.5.4. Zinco	15.
2.5.5. Cobre	16.
3. MATERIAL E MÉTODOS	17.
3.1. Aspectos gerais	17.
3.2. Material	19.
3.2.1. Cultivo anual	19.
3.2.2. Cultivo perene	20.
3.2.3. Pastagem	21.
3.2.4. Condições naturais	21.
3.3. Método	21.
3.3.1. Análises químicas	21.
3.3.2. Raio X	24.
3.3.3. Esquema experimental	25.
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26.
4.1. pH em H ₂ O	26.
4.2. Matéria orgânica	27.
4.3. Alumínio trocável	32.
4.4. Hidrogênio + Alumínio trocáveis	35.
4.5. Cálcio + Magnésio trocáveis	38.
4.6. Potássio disponível	41.
4.7. Ferro solúvel	44.

4.8. Manganês solúvel	47.
4.9. Cobre solúvel	50.
4.10. Zinco solúvel	50.
4.11 Fósforo disponível	55.
4.12. Capacidade de troca de cátions total do solo ("T")	58.
4.13. Percentagem de saturação de bases (V%)	61.
4.14. Percentagem de saturação de alumínio (m%)	64.
4.15. CTC efetiva	67.
4.16. Capacidade de troca de cátions a pH 7,0	71.
5. CONCLUSÕES	86.
6. RESUMO	88.
7. SUMMARY	90.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92.
APÊNDICES	102.

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Tratamentos recebidos na rotação soja x trigo (kg/ha)	19.
2	Tratamentos recebidos no café	20.
3	Tratamentos recebidos na <i>Brachiaria</i> (kg/ha)	21.
4	Características químicas do solo em condições naturais, em diversas profundidades	22.
5	pH em H ₂ O em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho Amarelo (LV), nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	28.
6	Matéria orgânica (%) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	30.

Quadro

Página

7	Alumínio trocável (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	33.
8	Hidrogênio + Alumínio trocáveis (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	36.
9	Cálcio + Magnésio trocáveis (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	39.
10	Potássio disponível (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	42.
11	Ferro solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	45.
12	Manganês solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	48.
13	Cobre solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	51.
14	Zinco solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	53.

Quadro

Página

15	Fósforo disponível (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	56.
16	"T" (capacidade de troca de cátions total do solo) (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições) ...	59.
17	Percentagem de saturação de bases em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	62.
18	Percentagem de saturação de alumínio em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	65.
19	"CTC efetiva" (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	68.
20	CTC a pH 7,0 (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)	72.

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localização da área do PADAP no Estado de Minas Gerais	18.
2	pH em H ₂ O em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	29.
3	Matéria orgânica em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	31.
4	Alumínio trocável em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	34.
5	Hidrogênio + Alumínio trocáveis em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	37.
6	Cálcio + Magnésio trocáveis em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	40.

Figura		Página
7	Disponibilidade do potássio em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	43.
8	Disponibilidade de ferro em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	46.
9	Disponibilidade de manganês em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	49.
10	Disponibilidade de cobre em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	52.
11	Disponibilidade de zinco em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	54.
12	Fósforo disponível em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	57.
13	Capacidade de troca de cátions total do solo em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	60.
14	Percentagem de saturação de bases em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	63.
15	Percentagem de saturação de alumínio em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	66.
16	CTC "efetiva" em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	69.
17	CTC a pH 7,0 em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos	73.

Figura

Página

18	Comparação entre "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV	75.
19	Comparação entre CTC efetiva e CTC a pH 7,0 em condições naturais, em diferentes profundidades de um LV.	76.
20	Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV	77.
21	Comparação entre "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV	78.
22	Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV	79.
23	Comparação entre "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV	80.
24	Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV	81.
25	Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV	83.

Figura

Página

26	Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV	84.
27	Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV	85.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 1970, diversos programas foram lançados pelo Governo Federal, visando incorporar a área de solos sob vegetação de cerrado ao processo produtivo brasileiro. Independente deste estímulo governamental, vários produtores também tomaram semelhante iniciativa.

Dentro das regiões dos "cerrados" predominam os Latossolos, os quais apresentam boas características físicas, tais como topografia favorável, profundidade efetiva considerada muito profunda e são bem estruturados. No entanto, apresentam alto índice de intemperismo, o que resulta num predomínio de argilas silicatadas do grupo 1:1 e sesquióxidos de ferro e alumínio. Quimicamente são pobres, manifestando pequena capacidade de troca de cátions, acentuada deficiência de nutrientes, e alta toxidez de alumínio, conforme relata CAMARGO (12).

Sabe-se que diferentes técnicas de cultivos, incluindo desde as práticas de preparo do solo, adubações e mesmo o tipo de cultura

a ser explorada, poderão contribuir para alterar as características químicas do solo para melhor ou para pior. E isto irá refletir diretamente na produtividade atual ou potencial destes solos. Porém poucos são os trabalhos publicados que demonstram estas alterações ocorridas no perfil em um período de tempo mais prolongado.

Aplicações de adubos e corretivos aliadas às práticas corretas de manejo e conservação, vêm trazendo êxitos à exploração agrícola nas áreas de "cerrado". No entanto, a maioria das informações disponíveis a respeito destas alterações limitam-se às camadas superficiais, sendo que em algum tipo de cultura as camadas mais profundas poderão ter influência marcante no processo de fornecimento de nutrientes.

Pelo exposto, evidencia-se que é necessário estudar as alterações químicas, que vêm ocorrendo na camada superficial e em profundidade, em função das diversas condições de exploração. Estes estudos fornecerão subsídios para tomadas de decisões neste campo, que levem a um maior êxito da exploração agrícola. Uma vez que os rendimentos culturais podem estar sendo limitados por estes fatores ainda não investigados.

Neste trabalho pretendeu-se verificar as alterações químicas ocorridas no perfil de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso, cultivado por 6 (seis) anos com soja x trigo, café e pastagem. Este solo situa-se na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características gerais das áreas de cerrado

2.1.1. Vegetação

Os cerrados são classificados segundo a sua vegetação, em campo sujo, campo cerrado, cerrado e cerrado, conforme PRIMAVESI (52). As características de sua vegetação, mesmo nas áreas em que se apresentam com maior porte, é de serem árvores com casca grossa, folhas coriáceas, fuste irregular, o que define a presença de xeromorfismo. A hipótese mais aceita para este fato é a oligotrofia mineral, segundo trabalhos de ALVIM & ARAUJO (04) e ARENS (07).

2.1.2. Solos

Os solos sob vegetação de cerrado ocupam cerca de 21% do território nacional, com uma abrangência que vai desde proximidades do Equador ao Trópico de Capricórnio. Da área total dos cerrados brasileiros 41%, ou sejam, 69,7 milhões de hectares são ocupados pelo Latossolo Vermelho Amarelo, conforme apresenta IPEA (28).

Estes Latossolos, foram caracterizados por CAMARGO (12) da seguinte maneira: são solos minerais com horizonte B latossólico, sequência de horizontes A, B e C, e, pequena diferença entre seus horizontes. A relação textural (% argila B/A) é baixa, bem como os valores de argila dispersa em água, sendo elevado o grau de floculação, especialmente no horizonte B. Apresentam textura média e argilosa, bem ou muito bem drenados, muito profundos, friáveis, porosos, coloração variando do vermelho até o amarelo. Intensivamente meteorizados e lixiviados, com ínfimas reservas de minerais meteorizáveis, são desprovidos de horizonte sub-superficial com evidência de significativa acumulação de argilas. O teor de silte é muito baixo e a fração argila compreende caulinita, gibsita e goetita, elevados teores de óxidos de ferro e algumas vezes consideráveis quantidades de óxidos de alumínio. É marcante a agregação, fina muito estável, caráter este responsável pela grande permeabilidade, apesar de apresentarem muitas vezes razoáveis teores de argila. O teor de bases, de óxidos, matéria orgânica e a cor são bastante variáveis. Vários autores (13, 31, 37, 45) concordam com esta caracterização.

Estes solos apresentam uma baixa capacidade de troca, tanto de cátions como de ânions, em condição de seu pH natural, isto tem trazido várias implicações em seu manejo. LOPES (40) estudando Latossolos sob vegetação de cerrado, encontrou valores bastante baixos para sua CTC. Observou também que algumas cargas negativas do complexo coloidal estão preferencialmente neutralizando cargas positivas dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, e que somente as cargas negativas remanescentes são disponíveis para a troca de cátions.

Ainda com relação a capacidade de troca de cátions dos solos sob vegetação de cerrado é importante destacar trabalhos que demonstram as contribuições das frações orgânicas e minerais no processo. RANZANI (53), verificou que, aproximadamente 98% dos casos que estudou, a contribuição dos colóides minerais foi de valores abaixo de 4 emg/100 g de solo e era devida mais às argilas sesquioxídicas do que às argilas silicatadas.

A matéria orgânica é bastante importante no estudo da CTC destes solos. ALLISON (03) comenta que a matéria orgânica possui caráter anfótero, sendo que dependendo da sua constituição permanece eletronegativa em amplas faixas de pH. A matéria orgânica rica em componentes carboxílicos possui maior capacidade de liberar cargas elétricas, segundo Kononova, citado por PRIMAVESI (52). As raízes das gramíneas possuem alto teor de celulose e lignina, que pela decomposição formam componentes carboxílicos.

Estudando a camada superficial de solos sob vegetação de cerrado, LOPES (40) encontrou em 95% dos casos, valores de CTC efetiva abaixo de 4 emg/100 cc de solo. Apesar dos teores de matéria orgânica se apresentarem com uma mediana de 2,2%, o autor conclui que esta matéria orgânica apresentava uma baixa atividade em função do pH também baixo destes solos. Apesar disto considera a matéria orgânica a fração principal envolvida no processo de troca. A mediana para CTC efetiva foi de 1,1 emg/100 cc, e segundo o autor, Buol considera 4 emg/100 cc como nível crítico.

2.2. Influência da calagem e adubações nas características químicas do solo

É de se esperar uma ação marcante de calagem e das adubações nas características químicas do solo, por um determinado período de tempo. Diversos autores demonstram estes efeitos, afetando direta ou indiretamente quase todos os parâmetros estudados.

2.2.1. Calagem

O efeito da calagem no teor da matéria orgânica e na alteração do pH foi estudado por vários autores. ANJOS et alii (06) estudando a cultura do milho em solo distrófico, observaram que doses de calcário de 0, 5, 10 e 20 t/ha não afetaram o teor de matéria orgânica. O pH atingiu valores máximos 10 anos após as aplicações. Observaram, além disto, que as doses de 10 e 20 t/ha mantiveram o nível de alumínio baixo e forneceram cálcio e magnésio em quantidades adequadas para a cultura. Estes resultados concordam com MASCARENHAS et alii (44).

A lixiviação de cálcio e magnésio aplicados via calagem é possível em determinadas condições, diversos autores encontraram esta evidência. Trabalhos em Latossolos, publicados pela EMBRAPA - CPAC (55) demonstram que doses de calcário aplicadas nas camadas de 0 - 15 cm e 0 - 30 cm, após seis cultivos sucessivos neutralizaram de maneira idêntica o alumínio na camada de 15 - 30 cm. O efeito da calagem na correção da acidez e elevação dos teores de cálcio mais magnésio, em um perfil de solo argiloso, foi demonstrado por BEN (11). Resultado semelhante foi obtido por GARGANTINI (23) em Latossolos sob vegetação de cerrado.

Em Latossolo com 4,5% de matéria orgânica e alta CTC efetiva, PEARSON et alii (50) incorporaram calcário calcítico na camada de 0 - 7,5 cm associado com adubos nitrogenados. Usaram como fonte de nitrogênio, nitrato de sódio, sulfato de amônio, hidróxido de amônio, nitrato de amônio e uréia. Verificaram 2 anos após, o efeito de fontes de nitrogênio no pH do subsolo, (15 - 30 cm) sendo que o nitrato de sódio induziu maior pH e menores teores de cálcio mais magnésio.

A aplicação de calcário ao solo, tende a elevar, tanto o pH, como os níveis de Ca + Mg. ABRUÑA et alii (01) verificaram que, à medida que se eleva as doses de calcário, há uma redução na saturação de alumínio, acompanhada de um aumento no pH e nos teores de Ca + Mg.

Os resultados apresentados, demonstram claramente que é possível um decréscimo na acidez do solo em profundidade e que isto é variável com solo, clima, dose de calcário, adubações e período de tempo.

A calagem além do efeito no pH, Al e Ca + Mg, tem sido uma das causas principais no aumento da CTC dos solos tropicais. TAMIMI et alii (65) verificaram que quando o pH da camada arável foi aumentado pela aplicação de CaCO_3 ou CaSiO_3 , houve um substancial aumento da CTC. Estas conclusões concordam com KAILA (34), que obteve aumento da CTC pela liberação de cargas dependentes de pH, tanto da fração mineral como da orgânica.

2.2.2. Adubações

As adubações têm efeito marcante nas características químicas do solo. Estas alterações podem se manifestar logo após as apli-

cações dos fertilizantes e permanecer por um longo período, dependem do seu efeito residual.

Com relação à lixiviação de cálcio e magnésio, EMBRAPA - CPAC (55) demonstra o efeito de doses de fósforo na lixiviação, em um perfil de LE. Dose correspondente a 1.280 kg de P_2O_5 /ha reduziu a saturação de alumínio e elevou o teor de cálcio até 90 cm de profundidade, cinco anos após aplicação do fósforo. A fonte de fósforo que induziu maior lixiviação do cálcio foi o superfosfato simples.

Estudando o efeito de aplicação de fósforo na CTC, SAWHNEY (60) obteve aumento linear com a quantidade de fósforo adsorvida.

É importante a mineralogia dos solos que ocorrem na área de "cerrados" no processo de fixação de fósforo. Diversos autores (12, 40, 46) consideram que a fixação do fósforo é o mecanismo mais importante na sua movimentação, e que depende diretamente do teor e tipo de argilas, dos cátions presentes, teor de matéria orgânica, da umidade, temperatura, concentração de fósforo solúvel e tempo de reação.

GUPTA & KANWAR (24) verificaram maior efeito residual de adubações fosfatadas em solos ácidos, do que em solos alcalinos ou neutros, e também observaram que houve efeito independente da dose de fósforo aplicada. Este efeito residual também foi observado por ANDERSON (05) em solo com textura barro arenosa, por cinco anos. O autor verificou ainda neste estudo efeito do sulfato de amônio na redução do pH, nos teores de cálcio mais magnésio e potássio, e elevação dos teores de manganês e fósforo.

O aproveitamento da adubação fosfatada em solos altamente in temperizados é bastante reduzida. HEMWALL (25) estima este aproveitamento em apenas 10 - 30%, sendo o restante precipitado ou adsorvido pelos complexos do solo, ou consumido pelos microorganismos.

Ainda com relação a disponibilidade de fósforo em Latossolos sob "cerrado", LEAL & VELLOSO (37) demonstram efeito direto do pH. E levando o pH de 4,0 para 7,0 dobrou a quantidade de fósforo disponível.

O teor de potássio no solo, também é influenciado pelas adubações. Os processos através dos quais o potássio mantém o seu efeito residual no solo, ainda não estão totalmente esclarecidos; sendo o mesmo considerado um nutriente muito móvel e facilmente lixiviado. A lixiviação do potássio no perfil, em solos com mineralogia oxídica é questão aceita. Sendo que a quantidade lixiviada depende da intensidade de chuvas, teor de potássio solúvel, teor de matéria orgânica e da textura.

FRANCO & MEDINA (19), estudaram a lixiviação de potássio em LR cultivado com café. Aplicaram 180 g de KCl/10 m lineares de sulco, e coletaram amostras nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 100 cm durante quatro anos. Verificaram que, depois de um ano, houve grande lixiviação do potássio, concentrando-se na camada de 40 - 100 cm. Após três anos, o potássio passou a distribuir mais uniformemente no perfil.

Estudando pH e perdas de potássio, BAVER (10) e KRAUSE (35), verificaram que com pH abaixo de 5,0 as perdas foram de 3 a 4 vezes maiores que em solos com pH acima de 6,0.

De acordo com a EMBRAPA - CPAC (56) quando foram aplicados adubos potássicos a lanço, ocorreu uma reciclagem do potássio através de um processo contínuo de absorção e transporte até a parte aérea, e posterior lavagem pelas águas de chuvas reincorporando-o ao solo.

Além da adubação mineral, também a adição de matéria orgânica ao solo, vai afetar direta e indiretamente suas características químicas.

Thompson, citado por MALAVOLTA (42) verificou que o adubo orgânico mantém o fósforo do solo na forma solúvel. O efeito da adubação verde foi avaliado por VITTI et alii (70), que observaram decréscimo nos teores de cálcio e magnésio com esta adubação.

A incorporação de resíduos culturais ao solo foi estudada por LARSON et alii (36) que verificaram aumento nos teores de carbono-orgânico, nitrogênio, enxofre e fósforo, em solo franco-argiloso-siltoso cultivado, onze anos com milho. Este aumento foi proporcional à quantidade de resíduos incorporados.

O efeito da adição de esterco de curral no pH de solos areno-barrentos e barro-arenoso, tanto na camada arável como em profundidade foi estudado por LUND & DOSS (41). Os autores encontraram efeitos diferenciados em função da textura. O solo areno-barrento, com a primeira aplicação de esterco apresentou um aumento considerável no pH, o que não ocorreu com aplicações posteriores. Porém, no solo barro-arenoso houve um aumento até pH 7,0 inicialmente, e logo depois um decréscimo em todas as aplicações de esterco. DEFELIPO (16) encontrou efeito da matéria orgânica na redução do pH e aumento do teor de Al.

2.3. Influência do sistema de cultivo e do modo de aplicação dos adubos nas características químicas do solo

Com referência a este ponto, a bibliografia é bastante escassa no que se refere a Latossolos. Os trabalhos publicados referindo-se a solos tropicais são poucos.

Trabalhos comparativos entre sistema de cultivo convencional e plantio direto têm sido executados. TRIPLETT & VAN DOREN (68), após seis anos de estudos com a cultura do milho, verificaram maiores produções e altas concentrações de fósforo e potássio na superfície do solo, no sistema de plantio direto. MOSCHLER et alii (48) após onze anos fazendo o mesmo estudo, constataram que no sistema de plantio direto houve uma maior recuperação de fósforo e nitrogênio e um aumento de pH na camada de 0 - 20 cm.

2.4. Influência das culturas nas características químicas do solo

É de se esperar uma ação bastante diferenciada das culturas nas alterações das características químicas do solo, pois seus hábitos, tratos culturais e suas retiradas de nutrientes são variáveis.

As pastagens são consideradas por BAENA (08) como uma das culturas mais eficientes na conservação do solo e na elevação de sua fertilidade. O efeito da pastagem de leguminosa e de gramínia na CTC

do solo foi estudado por RIXON (57), que encontrou resultados diferentes para cada tipo estudado.

MALAVOLTA (42) comparou o acúmulo de matéria orgânica oriunda da pastagem, com o de florestas, e notou maior acumulação na superfície para as florestas. Já nas pastagens verificou grandes quantidades de matéria orgânica em profundidade, embora decrescente no perfil.

A rotação de culturas também pode alterar as características químicas dos solos, THIND et alii (66) trabalhando em um solo franco-arenoso, verificaram um aumento de carbono orgânico e potássio, não encontrando alterações no pH. Este estudo foi realizado com rotação de diversas culturas.

O efeito benéfico de se intercalar uma leguminosa no sistema de rotação, foi encontrado por AGBOOLA & FAYEMI (02). Os autores verificaram que esta prática conservou a disponibilidade de fósforo e potássio. Este efeito poderia ser causado pela redução da taxa de fixação do fósforo, por conservá-lo na forma solúvel, reduzindo o contato com o solo.

2.5. Comportamento de alguns micronutrientes no solo

A ênfase principal em aumentar a produção das culturas em solos tropicais, tem sido dada até agora no suplemento de N - P - K. Pouca atenção é dispensada para as possíveis deficiências de micronutrientes, as quais provavelmente se agravam com as aplicações dos macronutrientes.

2.5.1. Distribuição no perfil do solo

São vários os fatores que afetam a distribuição dos micronutrientes no perfil do solo; e as suas manifestações levam muitas vezes os autores a encontrarem resultados conflitantes. JACKSON & SHERMAN (30), responsabilizam os constituintes orgânicos pela distribuição. Já SWAINE & MITCHELL (64) consideram como fator mais importante o material de origem. Porém, MITCHELL (47) valoriza os processos pedogenéticos e cita como importantes os seguintes fatores:

- a) O enriquecimento superficial pela ação das plantas, que os retiram de camadas inferiores acumulando-os à superfície;
- b) Arrastamento pelas argilas;
- c) Atividade microbiana. Também considera a ação do homem através das adubações e do tipo de cultura, como agente que interfere neste processo.

2.5.2. Ferro

A maioria dos estudos mostram que em solos sob vegetação de cerrado, não se tem verificado deficiência e nem toxidez de ferro. Ponnampeuma, citado por MASCARENHAS (43) e MASCARENHAS et alii (44), comentam que a solubilidade do ferro é maior em solos ácidos, diminuindo a medida que o pH se eleva de 5,0. E que em solos com pH 7,0 os sistemas manganês e nitrato retardam a redução do ferro e estabilizam o potencial do sistema redox.

A influência da matéria orgânica na solubilidade do ferro foi verificada por diversos autores (22, 43, 46). Eles constataram que a

solubilização do ferro é favorecida pela presença dos microorganismos por sua ação redutora, ou através da formação de quelatos.

O efeito do fósforo reduzindo a disponibilidade do ferro foi verificada por MASCARENHAS (43) e MELLO et alii (46).

2.5.3. Manganês

O manganês está presente no solo, em três estados de valência em equilíbrio dinâmico. Aparece na forma de Mn^{+2} como cátions adsorvido no complexo de troca, na forma de Mn^{+3} como óxido reativo, e na forma Mn^{+4} como óxido inerte. Este equilíbrio é controlado pelo pH do solo, pelas condições de oxi-redução, pela atividade microbiana, e pelo teor de matéria orgânica.

Com relação à influência da matéria orgânica na disponibilidade do manganês, diversos trabalhos foram realizados, e os resultados muitas vezes são conflitantes. CHRISTENSEN et alii (15) verificaram que a adição de matéria orgânica ao solo, aumentou o teor de manganês trocável, FUJIMOTO & SHERMAN (20) concordam com esta conclusão. Porém, MELLO et alii (46) discordam, pois verificaram que solos ricos em matéria orgânica, exibem deficiência do elemento.

Estudando a ação conjunta da matéria orgânica e do pH, CHRISTENSEN et alii (15) verificaram que em solos com pH perto da neutralidade, a matéria orgânica libera o Mn na sua decomposição. Mas a sua disponibilidade não é alterada, pois o mesmo é rapidamente convertido em forma não trocável.

A adição de calcário em solos com alto e baixo teores de matéria orgânica, afetando a disponibilidade do manganês foi estudada

por SANCHEZ & KAMPRATH (59). Os autores verificaram que o solo mais rico em matéria orgânica, tinha maior capacidade para converter o manganês solúvel em uma forma não trocável, quando recebia calagem.

A proporção dos íons metálicos, cobre, ferro e manganês é importante na disponibilidade dos mesmos. LOPES (39) observou que quando o manganês é alto, geralmente o teor de ferro é baixo, e vice-versa.

2.5.4. Zinco

A disponibilidade de zinco no solo é afetada diretamente pelo teor de matéria orgânica, pH, teor e tipo de argila. Resultados positivos, demonstram que com o aumento de matéria orgânica no solo, há maior disponibilidade de zinco na camada superficial.

ESWARAPPA et alii (18) destacam este papel da matéria orgânica, verificando em solos tropicais, que a disponibilidade de cobre e zinco aumentou com a adição de matéria orgânica em solos com pH de 4,8 a 6,0. JONES et alii (32) discordam deste resultado, pois consideram a matéria orgânica uma das frações mais ativas na redução da disponibilidade do zinco.

O pH influi bastante na disponibilidade do zinco. Existe uma relação inversa entre pH do solo e a disponibilidade do zinco. Este efeito, segundo diversos autores (17, 33, 49, 51), é explicado pela insolubilização do zinco na forma de hidróxido.

Também o fósforo afeta esta disponibilidade, porém este efeito é discordante entre vários autores. SHARMA & MEELU (61) e THORNE

(67), demonstram que altos níveis de fósforo contribuem para a deficiência de zinco. Já SAEED & FOX (58) acham o contrário, e Viets et alii citados por LINDSAY (38) não encontram nenhum efeito.

Os óxidos e hidróxidos de ferro, manganês e alumínio adsorvem o zinco, e segundo GADDE & LAITINEN (21) e SHUMAN (62) esta fixação é afetada pelo pH. REDDY & PERKINS (54) concluíram que as argilas bentonita e illita fixam mais zinco que a caulinita.

2.5.5. Cobre

Da mesma forma que os demais micronutrientes catiônicos, a disponibilidade do cobre é afetada por diversos fatores. ESWARAPPA et alii (18) destacam o teor de matéria orgânica, no que é apoiado por HODGSON et alii (26, 27) que verificaram que a maior parte do cobre do solo estava complexado na forma de quelatos.

JACKSON (29) verificou a adsorção do cobre pela fração mineral, e notou que isto é mais evidente na caulinita do que na montmorilonita.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aspectos gerais

O solo estudado, situa-se no município de Rio Paranaíba - MG, localizado na região fisiográfica do Alto Paranaíba, com uma área de 610 km², tendo como coordenadas geográficas 19°09' e 19°31' de Latitude Sul e entre 46°05' e 46°19' W.G. Está enquadrado no Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba - PADAP (Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, caracterizado por uma temperatura média de 23°C, com uma média das mínimas de 13°C e médias das máximas de 27°C. A precipitação média anual é de 1.400 mm, com uma umidade relativa de 58 - 80%. Os períodos secos mais frequentes ocorrem nos meses de julho a agosto. Durante o período chuvoso ocorrem, frequentemente, pequenos períodos de completa estiagem e intensa insolação, conhecidos por veranicos, conforme BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (09).

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com vegetação característica de campo - cerrado.

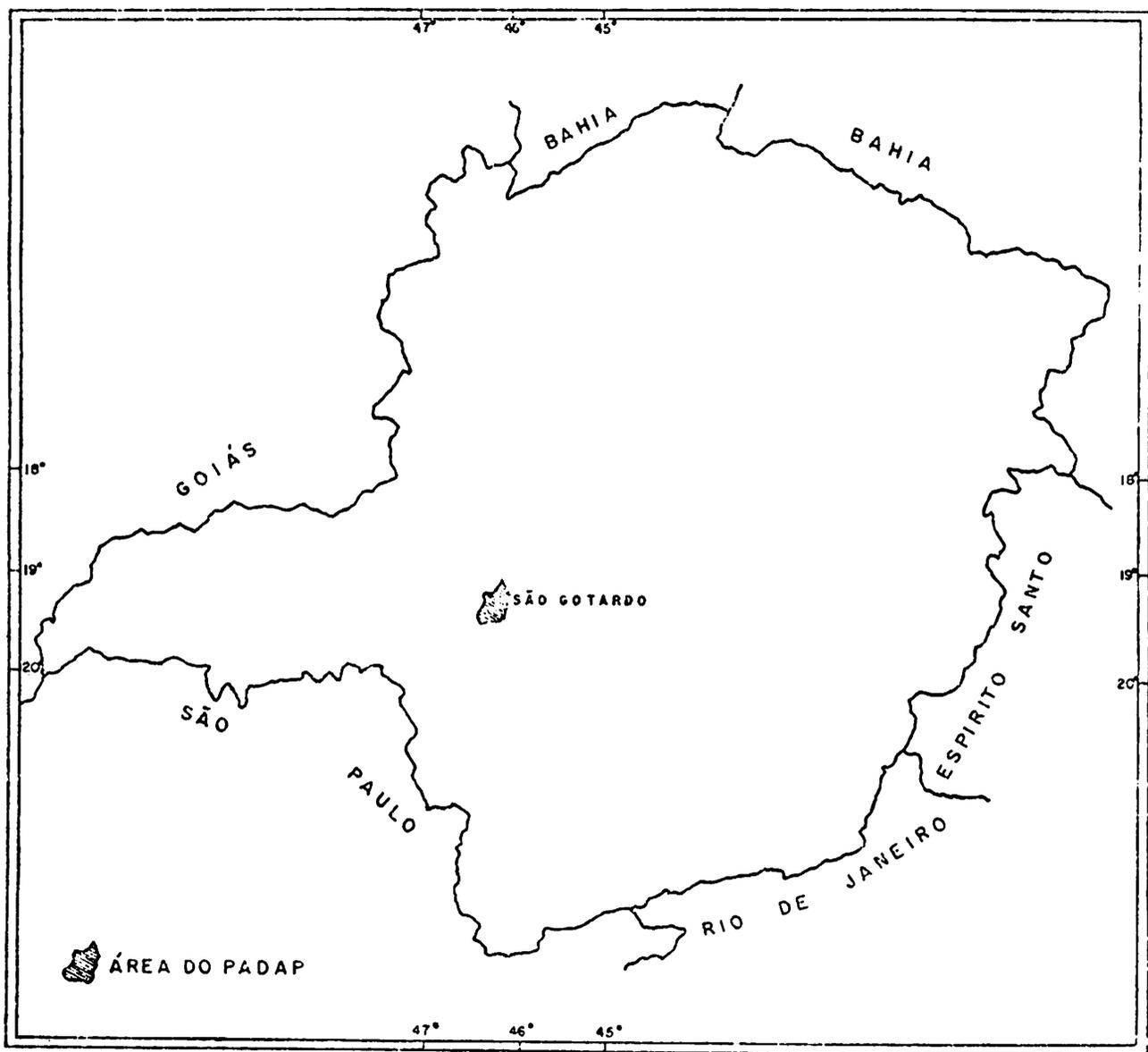


FIGURA 1 - Localização da área do PADAP no Estado de Minas Gerais.

3.2. Material

Utilizou-se para este estudo, o Latossolo Vermelho Amarelo distrôfico argiloso (LV)*, originalmente sob vegetação de cerrado. Foram coletadas amostras do solo em condições naturais, e submetido a 6 anos por cultivo anual (soja x trigo), cultivo perene (café) e pastagem (*Brachiaria*). Nos Quadros 1, 2 e 3 apresentam-se os históricos dos 3 cultivos.

As coletas das amostras, em todos os sistemas de cultivo, foram realizadas em abril de 1981. Para isto foram abertas pequenas trincheiras, onde a cada 5 cm foram coletadas amostras com o auxílio de uma colher de pedreiro até a profundidade de 20 cm. Daí até 80 cm foram coletadas através de um trado tipo holandês de 20 em 20 cm. As coletas foram tomadas na mesma posição de relêvo, e na cultura do café, localizadas na projeção da copa.

3.2.1. Cultivo anual

QUADRO 1 - Tratamentos recebidos na rotação soja x trigo (kg/ha)

Ano	Corretivos		Manutenção		
	Calcário	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1975	2.000	60	70	180	150
1976	-	-	70	180	150
1977	2.000	-	70	180	150
1978	3.000	100	70	180	130
1979	-	-	70	180	100
1980	-	-	70	180	100

* Fonte: CARMO (14).

O calcário utilizado apresentava P.R.N.T. de 80%, e foi incorporado a 15 cm. A fosfatagem corretiva foi feita em 1975 com Apatita de Araxá e em 1978 com Yoorin. As adubações de $N - P_2O_5 - K_2O$ foram realizadas tanto para a soja, como para o trigo, com fórmulas completas. A produção média do trigo situa-se em torno de 1.500 kg/ha e a da soja de 2.400 kg/ha.

3.2.2. Cultivo perene

QUADRO 2 - Tratamentos recebidos no café.

Ano Agrícola	Calcário kg/ha		Matéria Orgânica kg/cova			Adubos Químicos g/cova		
	No Sulco	Área Total	Esterco Curral	Torta Mamona	Palha Café	N	P_2O_5	K_2O
1975 - 76	1.000	2.000	20	1,0	-	-	40	20
1976 - 77	-	-	-	-	0,6	40	-	40
1977 - 78	-	3.000	-	-	0,6	60	-	60
1978 - 79	-	-	-	-	0,6	100	20	100
1979 - 80	-	-	-	-	0,6	184	56	184

O calcário usado apresentava P.R.N.T. de 80% e foi incorporado na camada de 0 - 15 cm em 1975/76 e aplicado superficialmente a lanço em 1977/78. O esterco de curral e a torta de mamona foram aplicados na cova de plantio, e a palha de café colocada a lanço superficialmente. Os adubos químicos usados foram o sulfato de amônia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio. A partir de 1978/79 utilizaram-se fórmulas completas.

3.2.3. Pastagem

QUADRO 3 - Tratamentos recebidos na *Brachiaria* (kg/ha)

Ano Agrícola	Calcário	Apatita de Araxá
1975 - 76	2.000	500

O calcário utilizado foi o micropulverizado, com P.R.N.T. de 145%, e foi incorporado na camada de 0 - 5 cm. A Apatita utilizada apresentou 4,54% P_2O_5 solúvel em ácido cítrico e foi incorporada na camada de 0 - 5 cm.

3.2.4. Condições naturais

No Quadro 4 estão apresentadas as características químicas do solo em condições naturais.

3.3. Método

3.3.1. Análises químicas

Na caracterização química das amostras, utilizou-se os seguintes métodos:

- I. pH em H_2O . Foi determinado utilizando-se uma suspensão solo/água na relação 1:2,5.
- II. Matéria orgânica. Seguiu-se a metodologia de Tiurin, modificada segundo VETTORI (69), oxidando a matéria orgânica através do ácido crômico 0,4 N e titulando com sulfato ferroso amoniacal 0,05 N.

QUADRO 4 - Características químicas do solo em condições naturais, em diversas profundidades*.

Profundidade	P	Zn	Cu	Mn	Fe	K	Ca + Mg	Na	Al	H + Al	"T"	CTC Efetiva	CTC** pH 7,0	M.O.	V	m	pH H ₂ O
cm	ppm					emg/100 cc							%				
0 - 5	1,17	0,27	0,95	8,62	83,13	0,05	0,27	0,005	0,28	7,98	8,29	0,60	7,87	4,12	3,77	48,68	5,17
5 - 10	1,17	0,21	0,93	4,37	81,10	0,04	0,20	0,008	0,20	7,76	8,00	0,42	6,90	3,68	3,01	47,16	5,38
10 - 15	1,00	0,21	0,92	3,87	75,75	0,04	0,20	0,007	0,18	7,26	7,50	0,42	6,93	3,62	3,22	43,66	5,33
15 - 20	1,00	0,20	0,93	3,80	62,38	0,03	0,18	0,007	0,12	6,71	6,93	0,33	4,93	3,13	3,13	34,12	5,50
20 - 40	1,00	0,19	0,83	2,22	41,45	0,03	0,18	0,007	0,10	6,22	6,43	0,31	5,63	2,94	3,31	31,57	5,50
40 - 60	1,00	0,17	0,77	1,93	27,03	0,02	0,18	0,007	0,10	5,01	5,21	0,30	5,37	2,24	3,91	32,26	5,60
60 - 80	1,00	0,18	0,67	1,28	15,47	0,02	0,18	0,007	0,10	4,40	4,60	0,30	5,13	1,84	4,33	32,83	5,65

* Amostras colhidas em 1981.

** Amostra do solo natural tamponada a pH 7,0

- III. Alumínio trocável e Cálcio + Magnésio trocáveis (emg/100cc). Foram extraídos com solução 1 normal de KCl, na proporção 1:10. Determinou-se o alumínio pela titulação da acidez com NaOH 0,025 N. Cálcio + Magnésio foram determinados com EDTA 0,025N.
- IV. Hidrogênio + Alumínio trocáveis (emg/100 cc). Foram extraídos com acetato de cálcio 1 N a pH 7,0, e titulada a acidez resultante com NaOH 0,1 N.
- V. Potássio disponível (emg/100 cc). Foi extraído com solução de HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N em partes iguais, e determinado por fotometria de chama.
- VI. Micronutrientes (Ferro, Manganês, Cobre e Zinco solúveis). Foram extraídos com solução de HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N em partes iguais, na proporção 1:10 de terra para extrator. Agitou-se durante 5 minutos e deixou-se em repouso por 12 horas. Os micronutrientes foram determinados no espectrofotômetro de absorção atômica.
- VII. Fósforo disponível (ppm). Foi extraído pelo mesmo extrator usado para o potássio e sódio, e dosado por colorimetria.
- VIII. Capacidade de troca de cátions total do solo (Valor "T" - emg/100 cc). Obtido pela soma de: Ca + Mg + K + Na + Al + H.
- IX. Soma de bases (Valor S - emg/100 cc). Obtido pela soma de Ca + Mg + K + Na.
- X. Percentagem de saturação de bases (Valor V%). Calculada pela fórmula:

$$V\% = \frac{S \times 100}{"T"}$$

XI. Percentagem de saturação de alumínio (Valor m%). A percentagem de saturação de alumínio, foi obtida pela equação sugerida por Kamprath, citado por LOPES (39).

$$m\% = \frac{\text{Al}}{\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} \times 100$$

Com os cátions expressos em emg/100 cc

XII. CTC efetiva (emg/100 cc). Utilizou-se a somatória de Al + Ca + Mg + K + Na.

XIII. CTC a pH 7,0 (emg/100 cc). Determinou-se com acetato de amônia tamponado a pH 7,0.

Para as análises de: pH em H₂O, alumínio trocável, cálcio + magnésio trocáveis, hidrogênio + alumínio trocáveis, potássio disponível, sódio disponível, fósforo disponível e CTC a pH 7,0, seguiram-se as metodologias propostas por VETTORI (69).

3.3.2. Raio X

As análises difratométricas foram realizadas nos laboratórios da Cia. de Pesquisas de Recursos Minerais - MG., em aparelho PHILIPS modelo P.W. 1012/20, de fabricação holandesa.

A fonte de irradiação foi um tubo de cobre com filtro de níquel. A unidade de força trabalhou com 40 KW e 20 mA, e a velocidade de varredura foi de 1°/min., a velocidade do papel foi de 300 mm/hora. Utilizou-se um contador proporcional, operando com voltagem de 1.600 V.

3.3.3. Esquema experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 7 x 3, com 4 cultivos, 7 profundidades e 3 repetições, perfazendo um total de 84 tratamentos. As análises estatísticas foram baseadas em STEEL & TORRIE (63).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas, encontram-se nos Quadros e Figuras que se seguem e os das análises de variância, física, mineralógica, morfológica e ataque sulfúrico estão apresentados nos Apêndices I, II, III, IV e V, respectivamente. Todos os parâmetros determinados e analisados estatisticamente, foram comparados segundo dois critérios:

- a) Entre os sistemas de cultivo, nas camadas de 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 e 15 - 20cm, procurando-se verificar as alterações químicas ocorridas em função do uso do solo.
- b) Entre camadas em um mesmo sistema de cultivo, onde procurou-se avaliar o efeito da lixiviação ao longo do perfil nos diferentes u sos do solo.

4.1. pH em H₂O

Os resultados das determinações do pH em H₂O, para os diver-

so sistemas de cultivo, são apresentados no Quadro 5 e representados na Figura 2. A análise de variância (Quadro 21, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo e para a interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo (Quadro 5), verifica-se que apenas na rotação soja x trigo, a incorporação de corretivos causou elevação do pH em H₂O, nas camadas superficiais (0-20 cm). No café as aplicações periódicas de matéria orgânica e adubações nitrogenadas amoniacais, possivelmente diminuíram os efeitos dos corretivos, mantendo o pH em valores mais ácidos. Estes resultados concordam com ABRUÑA et alii (01).

Dos sistemas de cultivo estudados (Quadro 5), observam-se maiores valores médios de pH em H₂O na rotação soja x trigo, seguido da testemunha, pastagem e café.

Observando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 5), verifica-se que apenas na rotação soja x trigo, houve variação do pH. Este efeito atribui-se à incorporação de corretivos através de arações e gradagens anuais.

4.2. Matéria orgânica

O Quadro 6 e a Figura 3 apresentam os resultados obtidos para os valores de matéria orgânica. A análise de variância (Quadro 21, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo e para profundidade, mas não significativo para a interação.

Os diversos sistemas de cultivo não diferiram da testemunha (Quadro 6), no teor de matéria orgânica até a profundidade de 20 cm.

QUADRO 5 - pH em H₂O em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho Amarelo (LV), nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	5,17 Ba	6,40 Aa	4,97 Ba	5,50 Ba
5 - 10	5,38 Ba	6,35 Aab	4,78 Ba	5,22 Ba
10 - 15	5,33 Ba	6,47 Aa	4,70 Ba	5,25 Ba
15 - 20	5,50 ABa	6,18 Aabc	4,75 Ca	5,02 BCa
20 - 40	5,50 a	5,58 bc	4,78 a	4,95 a
40 - 60	5,60 a	5,37 c	4,70 a	5,02 a
60 - 80	5,65 a	5,52 c	4,72 a	5,15 a
Médias	5,45 β	5,98 α	4,77 θ	5,16 γ

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

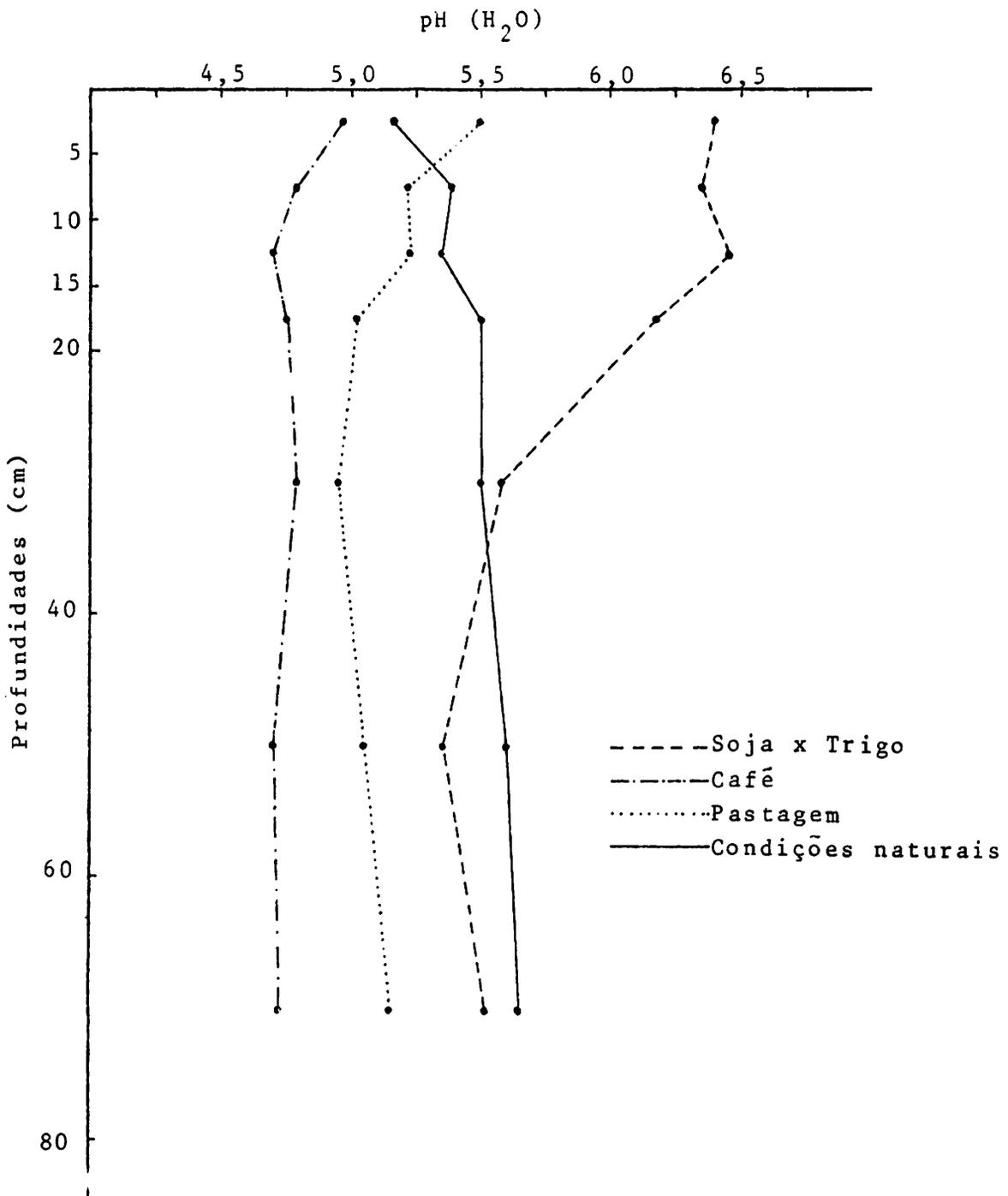


FIGURA 2 - pH em H₂O em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

QUADRO 6 - Matéria orgânica (%) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	4,12 Aa	4,35 Aa	4,61 Aa	4,58 Aa
5 - 10	3,68 Aab	4,13 Aa	4,27 Aab	4,26 Aab
10 - 15	3,62 Aab	3,90 Aa	3,71 Abc	3,95 Aab
15 - 20	3,13 Ab	3,92 Aa	3,58 Abc	3,77 Abc
20 - 40	2,94 bc	2,96 b	3,08 cd	3,05 cd
40 - 60	2,24 ce	2,46 b	2,68 d	2,38 de
60 - 80	1,84 e	2,35 b	2,37 d	1,79 e
Médias	3,08 β	3,44 α	3,47 α	3,40 α

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

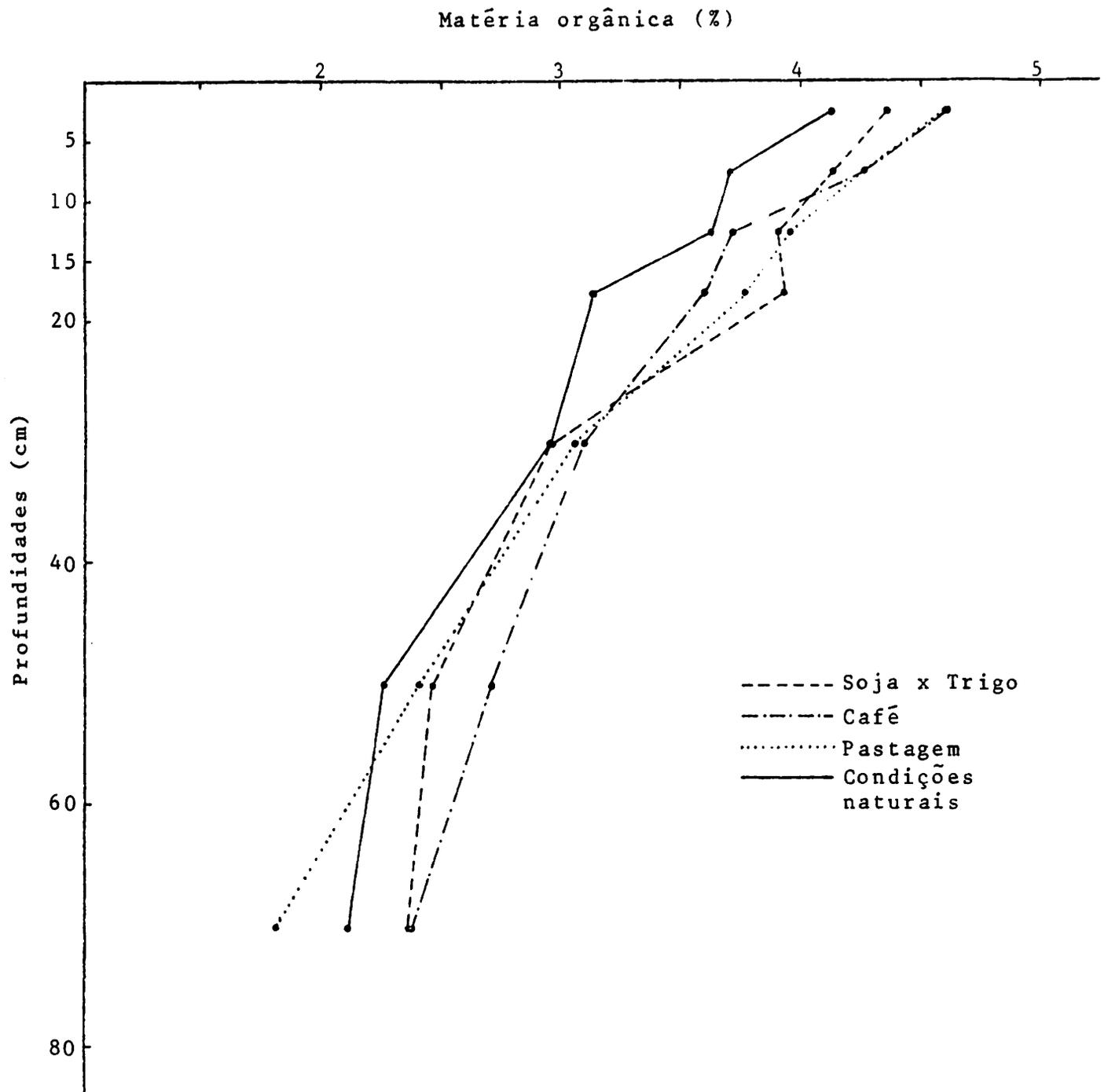


FIGURA 3 - Matéria orgânica em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Entretanto, houve uma tendência em aumentar este teor nos diversos cultivos, possivelmente em função da incorporação de restos culturais, no caso da rotação soja x trigo e da reciclagem de matéria orgânica, no caso de pastagem e café. Este último sistema de cultivo foi o único que recebeu adubação orgânica com esterco de curral.

Comparando-se as médias gerais de matéria orgânica nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 6), verifica-se que a testemunha diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando menor teor de matéria orgânica.

Analisando-se profundidade dentro de cada sistema de cultivo (Quadro 6), verifica-se que os maiores teores de matéria orgânica foram obtidos nas camadas mais superficiais. Isto se deve à ação de diversos fatores, tais como: maior quantidade de raízes, incorporação de restos culturais; maior atividade microbiana e adição de material orgânico. A Figura 3 mostra a distribuição da matéria orgânica em profundidade nos diversos sistemas de cultivo.

4.3. Alumínio trocável

Os resultados das determinações do alumínio trocável, nos diversos sistemas de cultivo, são apresentados no Quadro 7 e representados na Figura 4. A análise de variância (Quadro 21, Apêndice I), mostrou diferença significativa entre os valores de alumínio trocável nos diversos sistemas de cultivo e profundidade, bem como na interação.

Comparando-se os diversos sistemas de cultivo dentro de profundidade (Quadro 7), verifica-se que até a camada de 20cm, o café a

QUADRO 7 - Alumínio trocável (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais		Soja x Trigo		Café		Pastagem	
0 - 5	0,28	Ba	0,10	Cb	0,67	Aa	0,27	Bab
5 - 10	0,20	Cab	0,10	Cb	0,68	Aa	0,35	Ba
10 - 15	0,18	Cab	0,08	Cb	0,62	Aab	0,32	Bab
15 - 20	0,12	C b	0,10	Cb	0,52	A b	0,25	Bab
20 - 40	0,10	b	0,25	a	0,32	c	0,20	bc
40 - 60	0,10	b	0,12	ab	0,27	cd	0,10	c
60 - 80	0,10	b	0,10	b	0,17	d	0,10	c
Médias	0,16	Y	0,12	Y	0,46	α	0,23	β

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

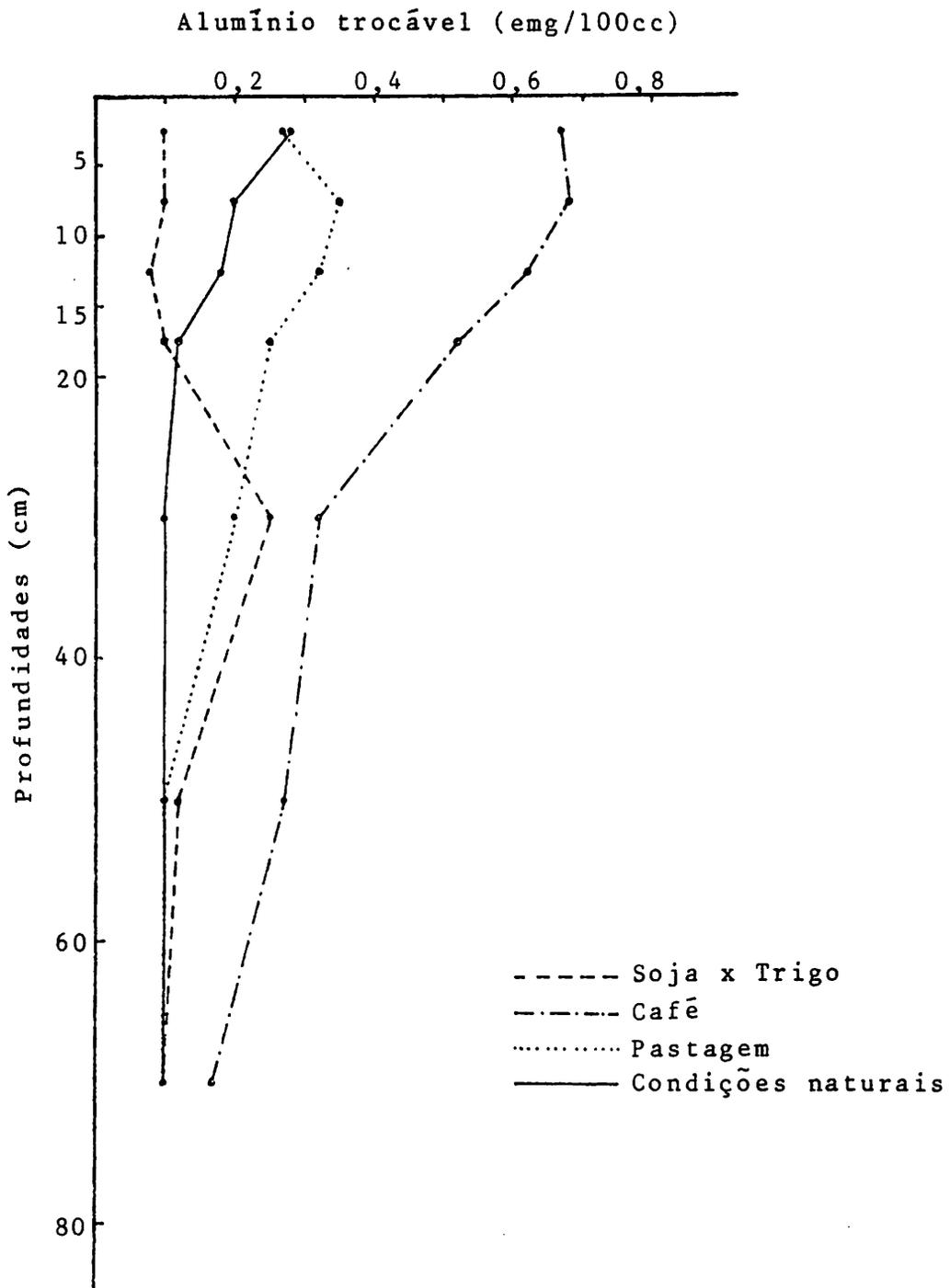


FIGURA 4 - Alumínio trocável em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

presentou maior teor de alumínio trocável, seguido da pastagem e finalmente a rotação soja x trigo que apresentou menores valores. Entretanto, a rotação soja x trigo diferiu da testemunha apenas na camada de 0 - 5 cm. As aplicações de corretivos na rotação soja x trigo reduziram consideravelmente o teor de alumínio trocável, enquanto na cultura do café, apesar das doses de corretivos incorporadas, as adubações nitrogenadas e as adições de matéria orgânica, concorreram para acidificação do meio, mantendo níveis mais elevados de alumínio trocável no complexo coloidal. Tais inferências concordam com DEFELIPO (16).

Comparando-se as médias gerais dos teores de alumínio trocável, nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 7), verifica-se que o café apresentou maiores teores, seguido da pastagem, sendo que a rotação soja x trigo foi igual estatisticamente à testemunha.

Analisando-se profundidade dentro de cada sistema de cultivo (Quadro 7), verifica-se que a testemunha, café e pastagem apresentaram maiores concentrações nas camadas superficiais, e a rotação soja x trigo menores teores.

4.4. Hidrogênio + Alumínio trocáveis

O Quadro 8 e a Figura 5 apresentam os resultados obtidos para os valores de hidrogênio + alumínio trocáveis. A análise de variância (Quadro 21, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

Comparando-se os sistemas de cultivo dentro de profundidade (Quadro 8), verifica-se que a testemunha não diferiu da pastagem,

QUADRO 8 - Hidrogênio + Alumínio trocáveis (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições Naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	7,98 Ba	4,73 Ca	11,39 Aa	8,03 Ba
5 - 10	7,76 Ba	4,40 Ca	10,50 Aa	8,36 Ba
10 - 15	7,26 Bab	4,84 Ca	9,41 Aab	8,07 ABa
15 - 20	6,71 Babc	6,38 B a	9,30 Aab	7,81 ABa
20 - 40	6,22 abc	6,60 a	7,81 bc	6,27 ab
40 - 60	5,01 bc	6,16 a	7,31 bc	5,01 bc
60 - 80	4,40 c	5,50 a	6,82 c	3,52 c
Médias	6,48 β	5,52 γ	8,93 α	6,72 β

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

Hidrogênio + Alumínio trocáveis

(emg/100cc)

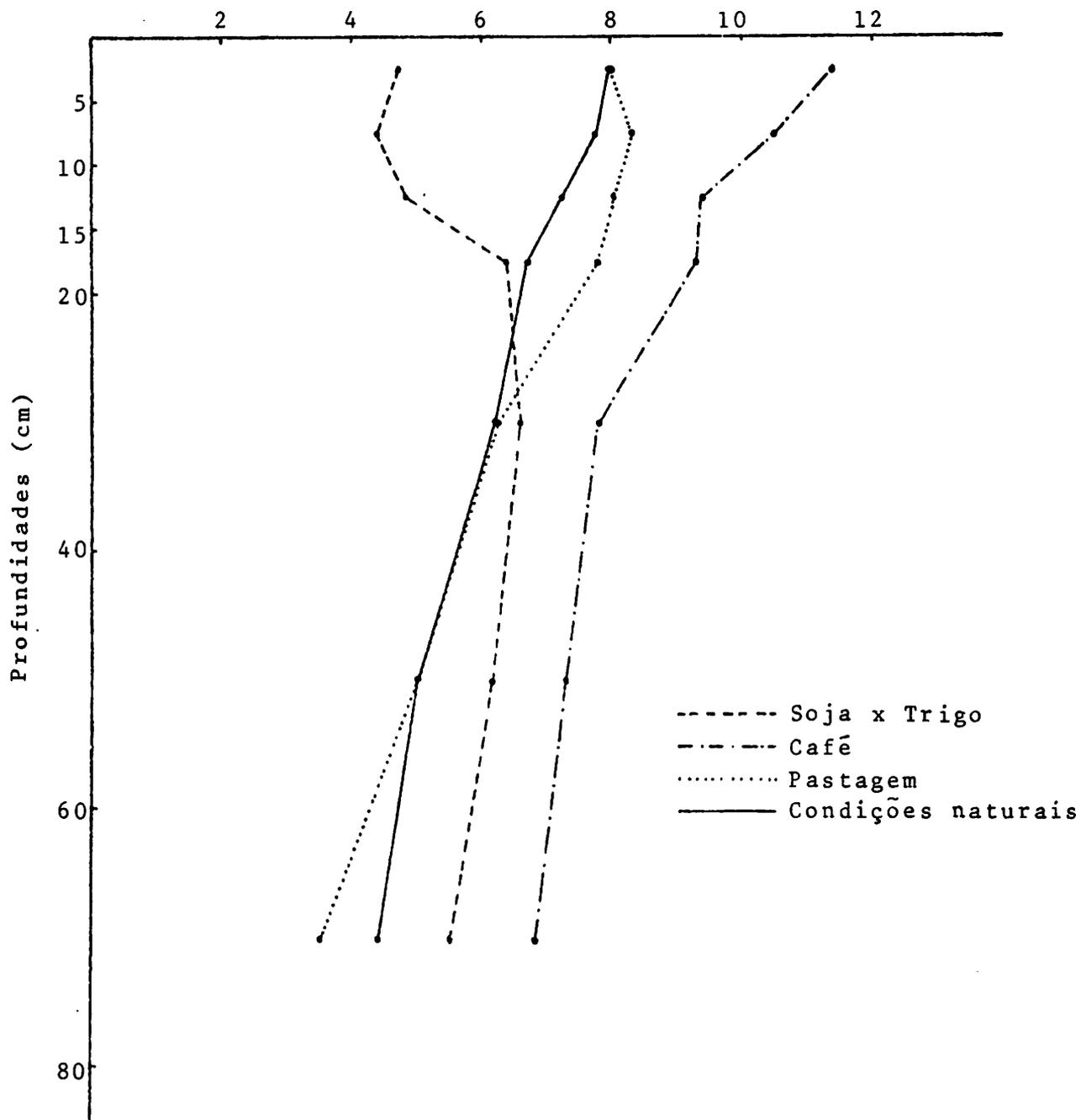


FIGURA 5 - Hidrogênio + Alumínio trocáveis em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

tendo diferido do café e da rotação soja x trigo, que apresentaram maiores e menores teores de H + Al trocáveis, respectivamente. A maior concentração de H + Al trocáveis no café é devida, provavelmente, ao processo de acidificação oriundo da decomposição de matéria orgânica e das adubações nitrogenadas aplicadas nesta cultura. O Quadro 5 mostra que o pH, na profundidade estudada, ficou entre 4,70 a 4,97.

Observando-se as médias gerais dos teores de H + Al trocáveis nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 8), verificam-se maiores concentrações no café, seguido da pastagem e da testemunha e, finalmente na consorciação soja x trigo.

Analisando-se profundidade dentro de cada sistema de cultivo (Quadro 8), verificam-se maiores teores de H + Al trocáveis, nas camadas superficiais do café, pastagem e testemunha. A rotação soja x trigo não apresentou diferença em profundidade. A Figura 5 mostra a distribuição em profundidade nos diversos cultivos.

4.5. Cálcio + Magnésio trocáveis

Os resultados das determinações de cálcio + magnésio trocáveis, para os diversos sistemas de cultivo, são apresentados no Quadro 9 e representados na Figura 6. A análise de variância (Quadro 22, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo (Quadro 9) até a profundidade de 20 cm, observa-se que até 15 cm, a testemunha diferiu dos demais sistemas de cultivo, e na profundidade 15 - 20 cm foi

QUADRO 9 - Cálcio + Magnésio trocáveis (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais		Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	0,27	Da	5,38 Aa	1,10 Ca	1,47 Ba
5 - 10	0,20	Ca	5,55 Aa	0,95 Bab	0,93 Bb
10 - 15	0,20	Ca	5,17 Aa	0,86 Bab	0,75 Bbc
15 - 20	0,18	Ca	3,60 A b	0,90 Bab	0,43 Cod
20 - 40	0,18	a	1,78 c	0,93 ab	0,35 d
40 - 60	0,18	a	0,65 d	0,58 bc	0,28 d
60 - 80	0,18	a	0,40 d	0,45 c	0,30 d
Médias	0,20 θ		3,22 α	0,83 β	0,64 γ

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

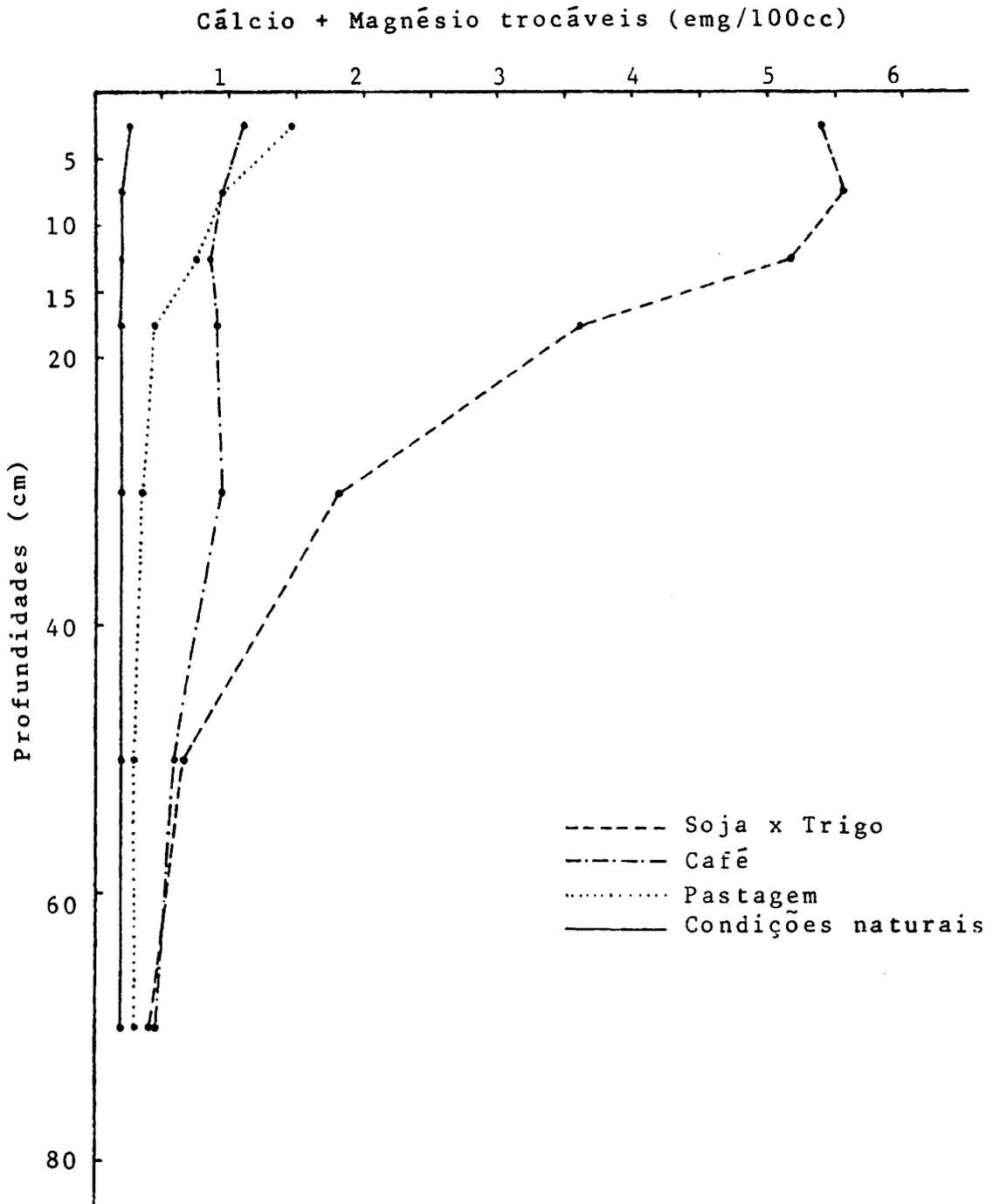


FIGURA 6 - Cálcio + Magnésio trocáveis em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

igual estatisticamente à pastagem. Todos os sistemas de cultivo receberam aplicações de calcário. Os menores teores encontrados no café, devem-se provavelmente à retirada pela cultura, pois são elementos exigidos em grande quantidade pelo cafeeiro, segundo MALAVOLTA (42). Além das retiradas pelas culturas, os Ca + Mg trocáveis podem ter tido sua disponibilidade afetada pela adição de matéria orgânica. Estes resultados obtidos concordam com VITTI et alii (70).

Comparando-se as médias gerais dos teores de Ca + Mg trocáveis nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 9), verifica-se que os maiores teores foram encontrados na rotação soja x trigo, seguido do café, pastagem e testemunha.

Todos os sistemas de cultivo mostraram decréscimo nos teores de Ca + Mg trocáveis em profundidade (Quadro 9), o que demonstra uma pequena movimentação dos mesmos no perfil. Apenas a rotação soja x trigo apresentou valores mais elevados até 40 cm, devido, possivelmente, ao preparo anual do solo (aração e gradagens) incorporando o efeito do calcário a maiores profundidades. Resultados semelhantes são citados por EMBRAPA-CPAC (55), PEARSON et alii (50).

4.6. Potássio disponível

O Quadro 10 e a Figura 7 apresentam os resultados das determinações dos teores de potássio disponível. A análise de variância (Quadro 22, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo (Quadro 10) até a profundidade de 20 cm, observa-se que a testemunha diferiu do

QUADRO 10 - Potássio disponível (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	0,05 Ba	0,10 Aa	0,11 Aa	0,04 Ba
5 - 10	0,04 BCab	0,06 Bb	0,08 A b	0,03 Cab
10 - 15	0,04 Bab	0,03 B c	0,08 A b	0,04 Ba
15 - 20	0,03 Bab	0,03 B c	0,08 A b	0,04 Ba
20 - 40	0,03 ab	0,03 c	0,07 b	0,02 ab
40 - 60	0,02 b	0,02 c	0,06 b	0,02 ab
60 - 80	0,02 b	0,01 c	0,03 c	0,01 b
Médias	0,03 β	0,04 β	0,07 α	0,03 β

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

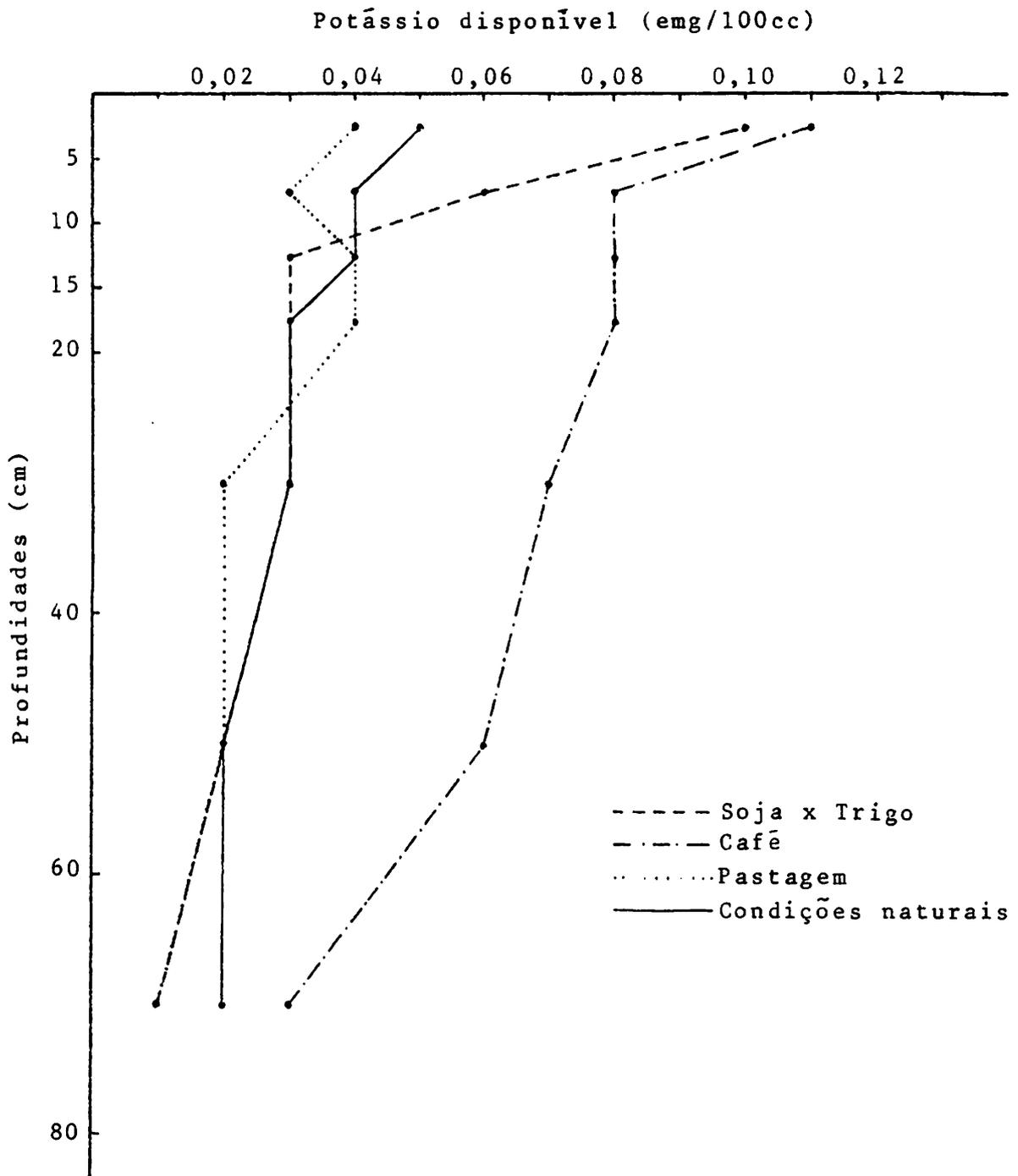


FIGURA 7 - Disponibilidade do potássio em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

café nestas profundidades. A testemunha diferiu da rotação soja x trigo, somente na camada 0 - 5 cm e da pastagem na camada de 5 - 10 cm. O cultivo com café apresentou valores maiores para potássio disponível, e isto se deve às doses elevadas que recebeu de fertilizantes potássicos e à aplicação de casca de café, que é um material rico em potássio.

Todos os sistemas de cultivo mostraram decréscimo, nos teores de potássio disponível, em profundidade (Quadro 10). No café encontraram-se teores mais elevados até 40 cm, embora também decrescentes. Estes resultados concordam com os dados de BAVER (10) e KRAUSE (35) que demonstram baixa retenção de potássio em solos com características semelhantes às da área em estudo.

Comparando-se as médias de potássio nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 10), verifica-se que os maiores teores foram encontrados no café, e que nos demais cultivos foram semelhantes.

4.7. Ferro solúvel

Os resultados das determinações do ferro solúvel, para os diversos sistemas de cultivo, são apresentados no Quadro 11 e representados na Figura 8. A análise de variância (Quadro 22, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo e profundidade.

Dos sistemas de cultivo estudados (Quadro 11), apenas a rotação soja x trigo diferiu da testemunha, nas camadas de 5 - 15 cm. Os demais sistemas de cultivo não diferiram nas profundidades, entre 0 - 20 cm. Este efeito na rotação soja x trigo, está associado a va-

QUADRO 11 - Ferro solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	83,13 Aa	66,60 Aa	83,77 Aa	76,70 Aa
5 - 10	81,10 Aa	62,12 Ba	82,43 Aa	76,48 ABa
10 - 15	75,75 Aa	55,50 Bab	73,98 Aa	76,43 Aa
15 - 20	62,38 ABab	55,50 Bab	66,93 ABab	75,75 Aa
20 - 40	41,45 bc	52,65 ab	52,15 bc	63,43 ab
40 - 60	27,03 cd	37,42 bc	38,85 cd	42,78 bc
60 - 80	15,47 d	21,32 c	26,83 d	28,92 c
Médias	55,19 βγ	50,16 γ	60,71 αβ	62,93 α

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

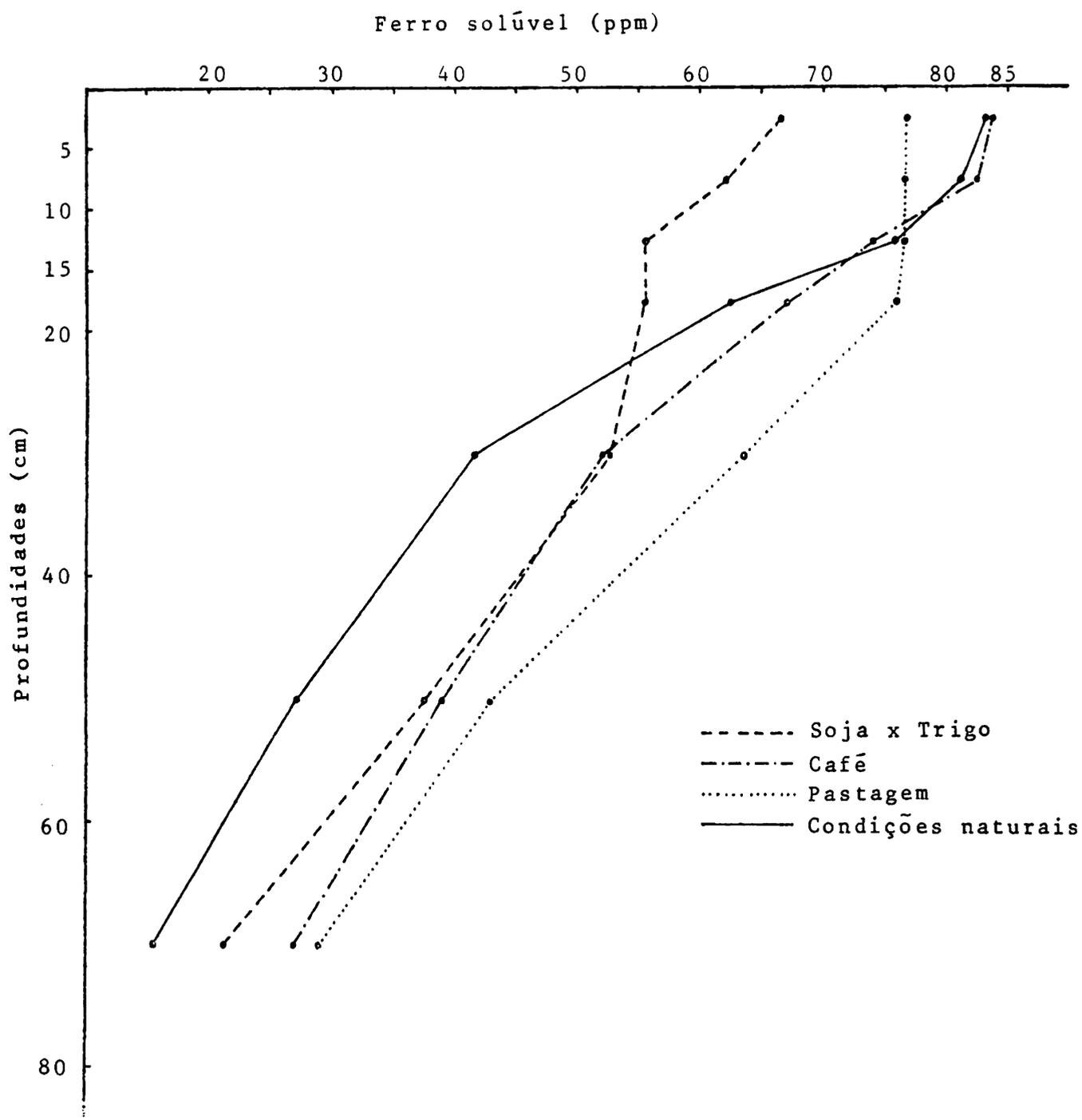


FIGURA 8 - Disponibilidade de ferro em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

lores mais elevados de pH nestas camadas, diminuindo a solubilização do ferro.

Comparando-se as médias de ferro solúvel nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 11), verifica-se que a testemunha diferiu somente da pastagem, sendo que esta apresentou maior teor de ferro solúvel.

Todos os sistemas de cultivo mostraram um decréscimo, no teor de ferro solúvel no perfil (Quadro 11). A Figura 8 mostra a distribuição em profundidade, nos diversos sistemas de cultivo.

4.8. Manganês solúvel

O Quadro 12 e a Figura 9 apresentam os resultados, obtidos para os valores de manganês solúvel. A análise de variância (Quadro 23, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo, profundidade e interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo até a profundidade de 20 cm (Quadro 12), observa-se que a testemunha diferiu estatisticamente da rotação soja x trigo e da pastagem, em todas as profundidades estudadas; e do café, na camada 5 - 10 cm. No café, as aplicações de matéria orgânica podem ter favorecido a insolubilização do manganês, conforme relatam CHRISTENSEN et alii (15) e SANCHEZ e KAMPRATH (59).

Comparando-se as médias dos teores de manganês solúvel (Quadro 12), verifica-se que a testemunha apresentou menor teor, não diferindo do café. Porém, a pastagem e a rotação soja x trigo, apresentaram teores elevados deste micronutriente.

QUADRO 12 - Manganês solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	8,62 Ca	18,65 Ba	9,97 Ca	22,26 Aa
5 - 10	4,37 Db	18,77 Ba	7,50 Ca	21,79 Aa
10 - 15	3,87 C b	13,48 B b	3,22 C b	19,29 Aa
15 - 20	3,80 C b	9,43 B c	2,03 C b	14,73 A b
20 - 40	2,22 b	5,70 d	1,35 b	12,63 b
40 - 60	1,93 b	4,83 d	1,48 b	9,10 c
60 - 80	1,28 b	4,17 d	1,70 b	5,10 d
Médias	3,73 γ	10,72 β	3,89 γ	14,99 α

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

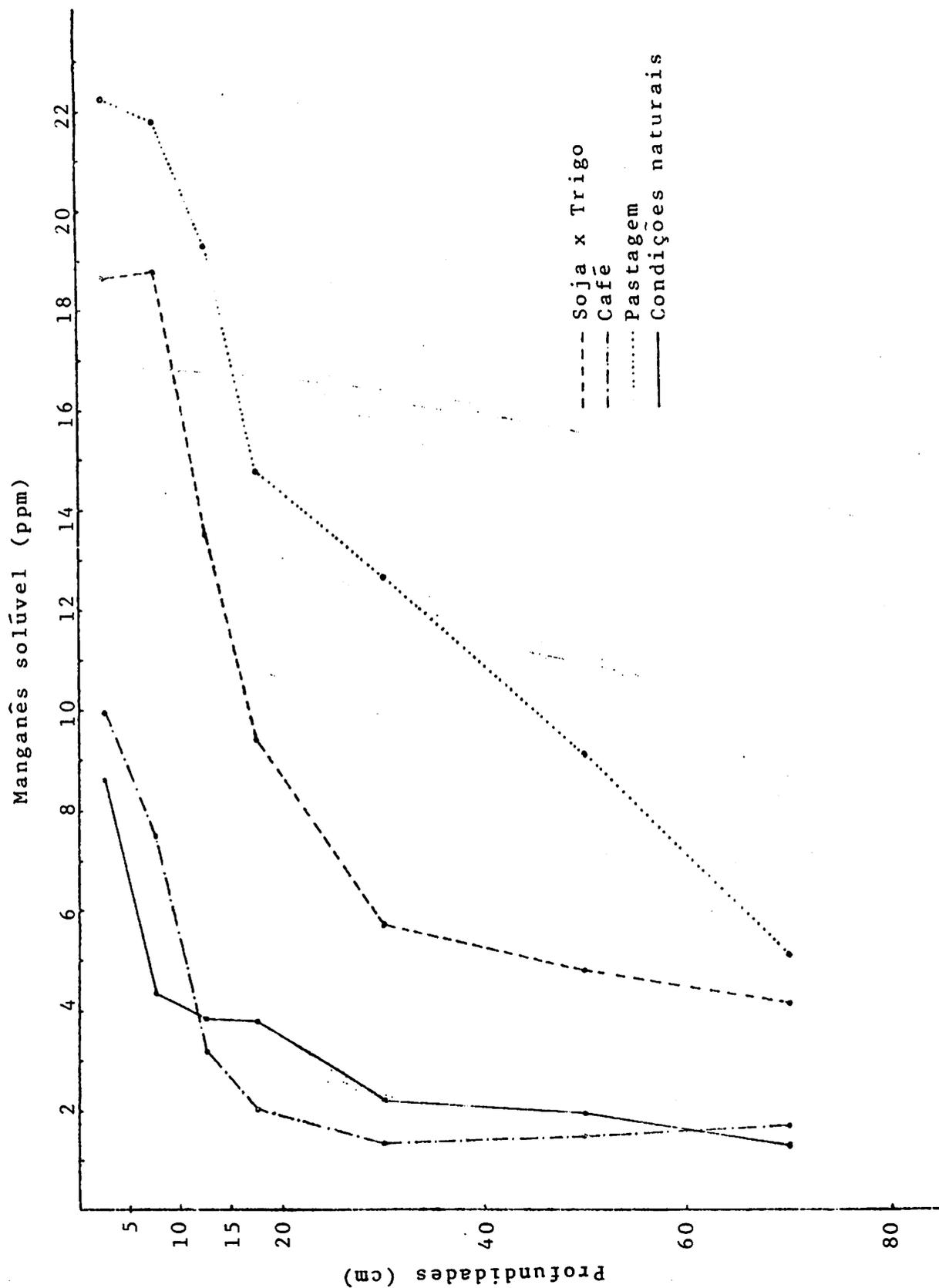


FIGURA 9 - Disponibilidade de manganês em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Em todos os sistemas de cultivo (Quadro 12), os maiores teores de manganês solúvel foram detectados nas camadas superficiais. A Figura 9 mostra a distribuição em profundidade.

4.9. Cobre solúvel

Os resultados das determinações do cobre solúvel, para os diversos sistemas de cultivo, são apresentados no Quadro 13 e representados na Figura 10. A análise de variância (Quadro 23, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo e profundidade.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo até a profundidade de 20 cm (Quadro 13), verifica-se que a testemunha diferiu da rotação soja x trigo e do café, na camada de 0 - 5 cm.

Comparando-se os valores médios de cobre solúvel, nos diferentes sistemas de cultivo (Quadro 13), verifica-se que o maior teor de cobre foi encontrado no café, seguido da rotação soja x trigo, pastagem e testemunha.

A distribuição do cobre no perfil foi uniforme, em todos os sistemas de cultivo (Quadro 13), com exceção da rotação soja x trigo, que apresentou uma maior concentração na camada de 0 - 10 cm.

4.10. Zinco solúvel

O Quadro 14 e a Figura 11 apresentam os resultados obtidos para os valores de zinco solúvel. A análise de variância (Quadro 23, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo, profundidade e interação.

QUADRO 13 - Cobre solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um
LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	0,95 Ba	1,40 Aa	1,28 Aa	0,95 Ba
5 - 10	0,93 Aa	1,02 Aab	1,17 Aa	0,92 Aa
10 - 15	0,92 ABa	0,77 Bb	1,20 Aa	0,85 Ba
15 - 20	0,93 Aa	1,00 A b	1,17 Aa	0,85 Aa
20 - 40	0,83 a	0,97 b	1,13 a	0,83 a
40 - 60	0,77 a	0,93 b	1,13 a	0,82 a
60 - 80	0,67 a	0,93 b	1,10 a	0,80 a
Médias	0,86 γ	1,00 β	1,17 α	0,86 γ

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

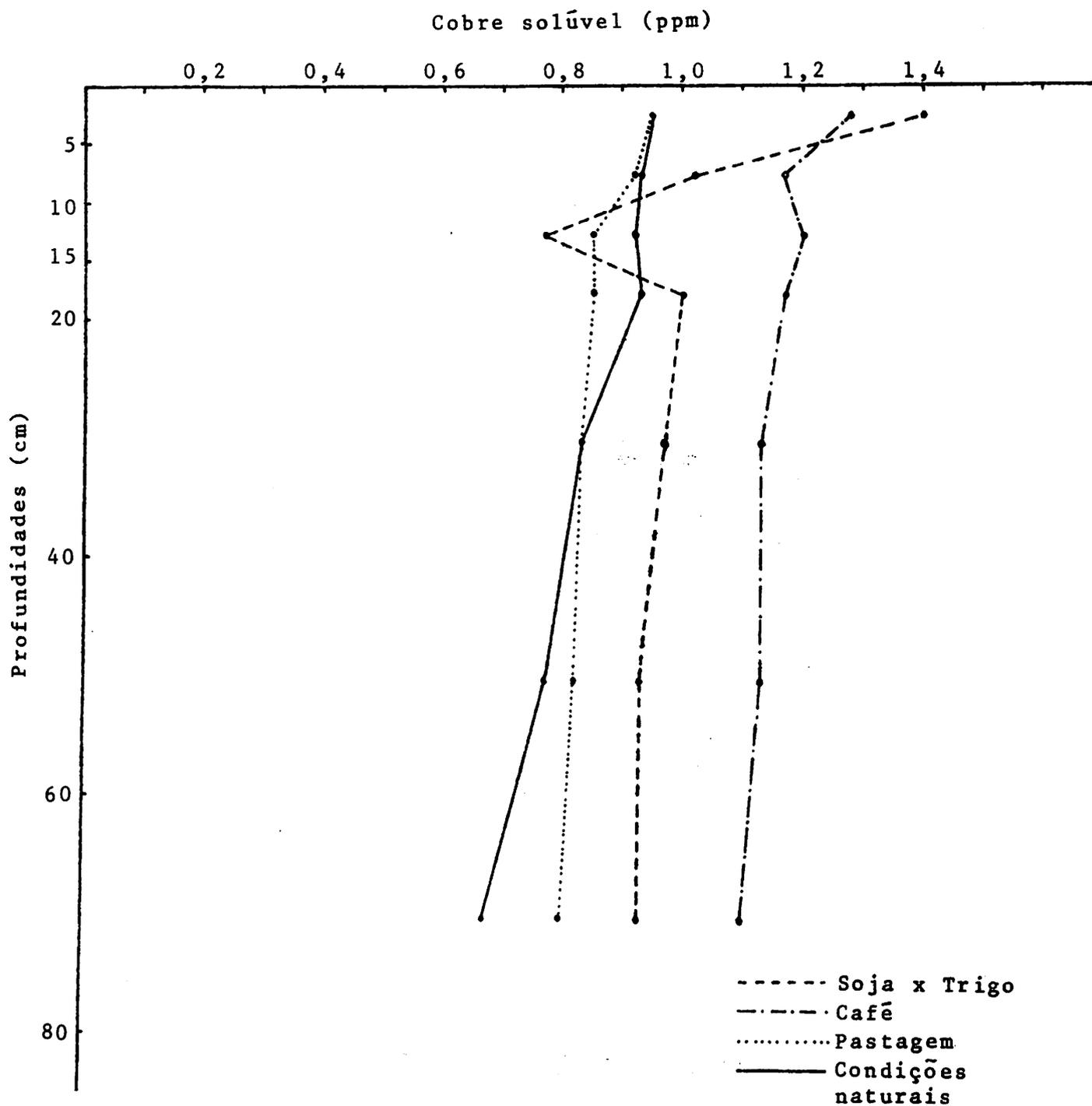


FIGURA 10 - Disponibilidade de cobre em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

QUADRO 14 - Zinco solúvel (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	0,27 Da	1,48 Ca	2,62 Aa	2,03 Ba
5 - 10	0,21 Ba	1,52 Aa	1,31 A b	1,27 Ab
10 - 15	0,21 Ca	1,08 A b	0,73 Bc	1,15 Ab
15 - 20	0,20 Ba	0,73 A c	0,63 A cd	0,50 A c
20 - 40	0,19 a	0,28 d	0,52 cd	0,32 cd
40 - 60	0,17 a	0,13 d	0,53 cd	0,15 d
60 - 80	0,18 a	0,00 d	0,35 d	0,03 d
Médias	0,21 γ	0,75 β	0,96 α	0,78 β

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

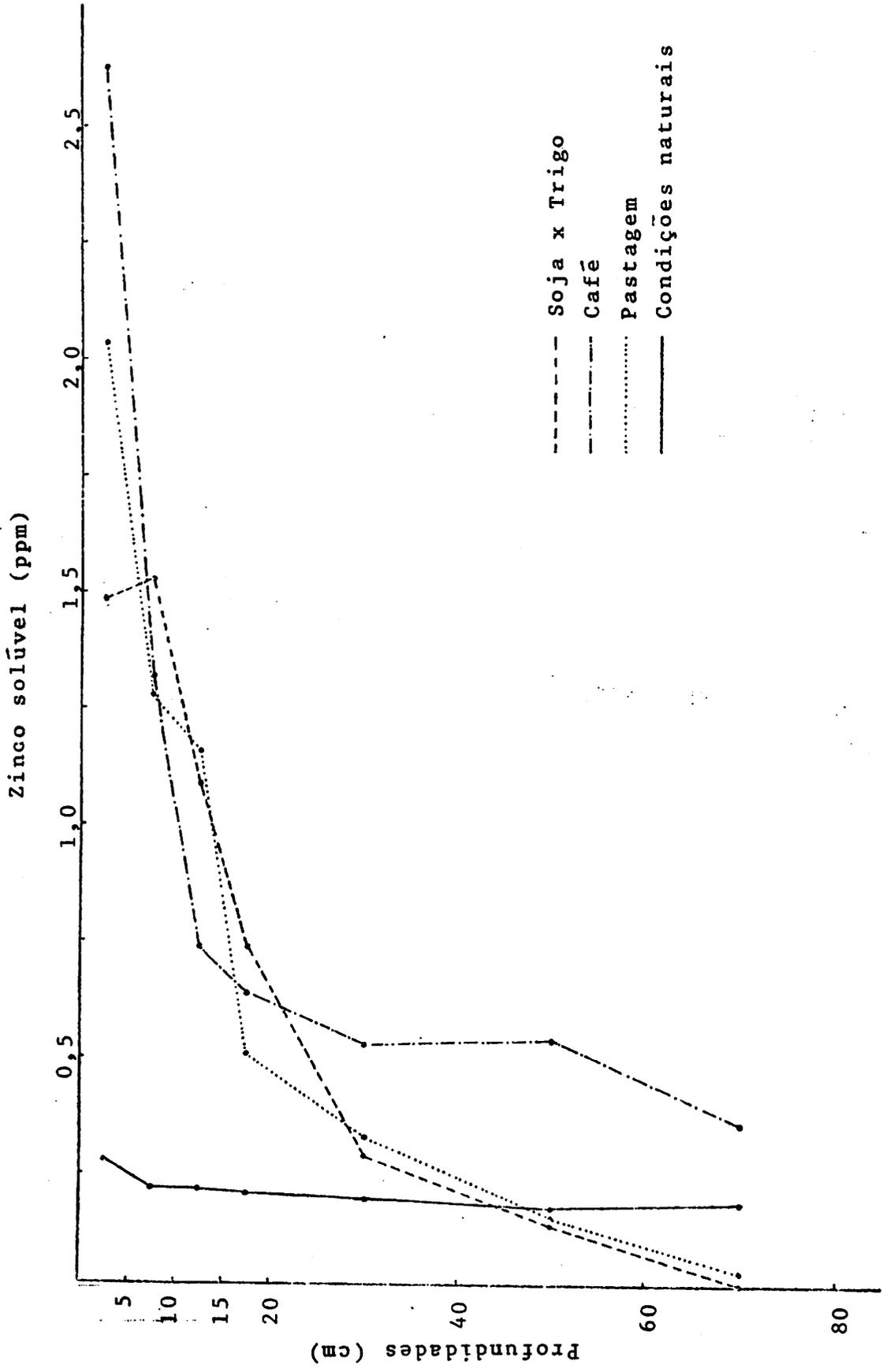


FIGURA 11 - Disponibilidade de zinco em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Comparando-se os diversos sistemas de cultivo até a profundidade de 20 cm (Quadro 14), verifica-se que a testemunha diferiu dos demais sistemas de cultivo. O processo de reciclagem do zinco efetuado pelas plantas, constitui um dos principais fatores responsáveis pelo enriquecimento deste micronutriente nas camadas superficiais do solo. O café, que recebeu adição de matéria orgânica, apresentou maior concentração de zinco na maioria das profundidades. Considera-se que a matéria orgânica contribui para o fornecimento deste micronutriente (18, 38, 61), porém o efeito da matéria orgânica na disponibilidade de zinco é bastante complexo e muitos resultados conflitantes têm sido verificados, JONES et alii (32).

Analisando-se os valores médios de zinco nos diferentes sistemas de cultivo (Quadro 14), observa-se maior teor no café, seguido da pastagem, rotação soja x trigo e testemunha.

De modo geral os sistemas de cultivo, apresentaram uma redução no teor de zinco no perfil (Quadro 14).

Acredita-se que a maior concentração na superfície deve-se à incorporação de fertilizantes e matéria orgânica. Estas observações estão de acordo com diversos autores (21, 26, 27, 54, 62). A Figura 11 mostra a distribuição do zinco solúvel no perfil, nos diversos sistemas de cultivo.

4.11. Fósforo disponível

O Quadro 15 e a Figura 12 apresentam os valores para fósforo disponível. A análise de variância (Quadro 24, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

QUADRO 15 - Fósforo disponível (ppm) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	1,17 Ba	5,67 Aa	2,00 Ba	6,50 Aa
5 - 10	1,17 Ba	5,17 Aa	1,50 Ba	1,83 B b
10 - 15	1,00 Aa	2,33 A b	1,50 Aa	1,50 A b
15 - 20	1,00 Aa	1,33 A b	1,50 Aa	1,50 A b
20 - 40	1,00 a	1,00 b	1,33 a	1,50 b
40 - 60	1,00 a	1,00 b	1,33 a	1,50 b
60 - 80	1,00 a	1,00 b	1,33 a	1,50 b
Médias	1,05 β	2,50 α	1,50 β	2,26 α

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

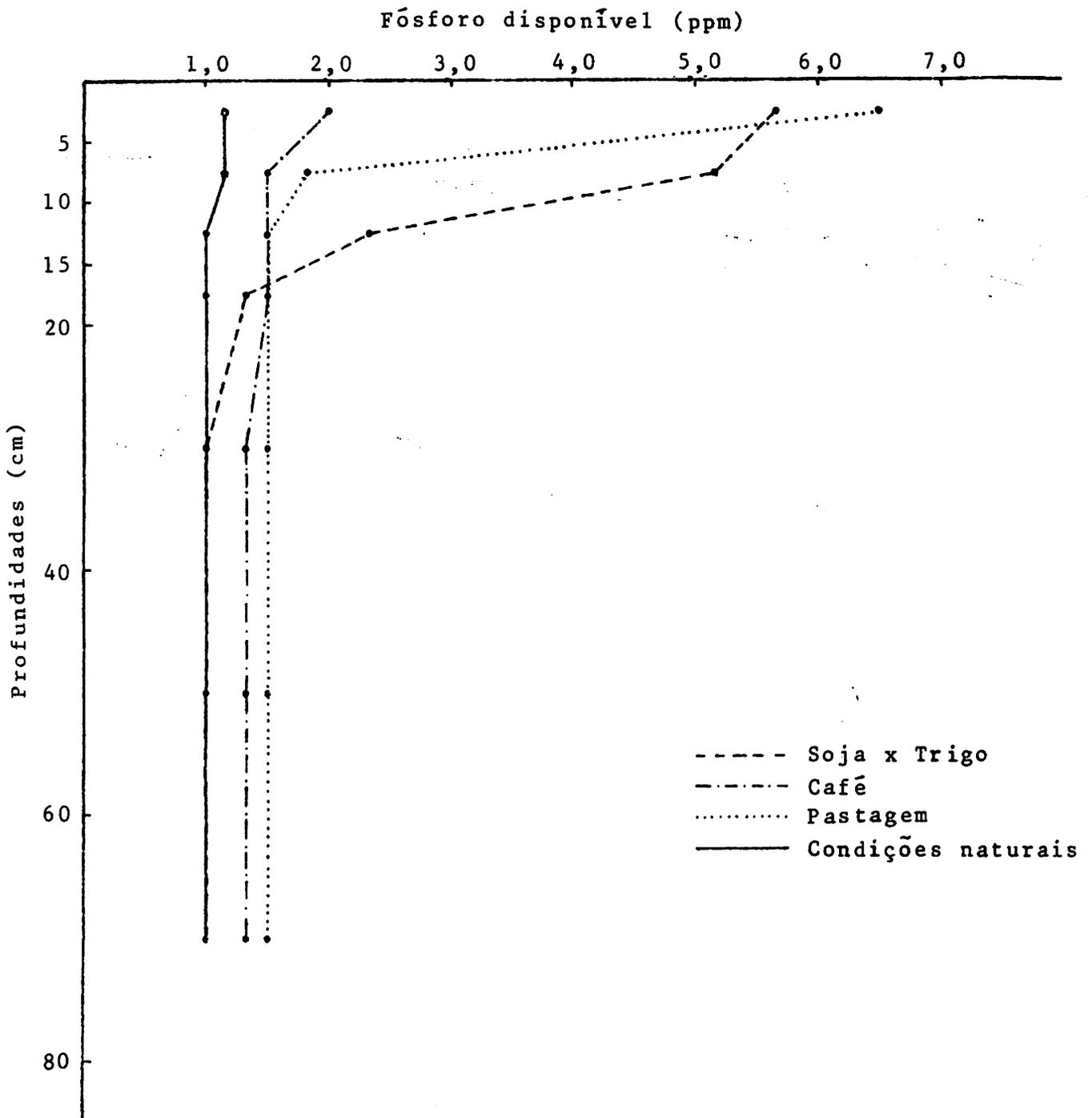


FIGURA 12 - Fósforo disponível em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Comparando-se os diversos sistemas de cultivo (Quadro 15), até a profundidade de 20 cm, observa-se um aumento significativo no teor de fósforo disponível, até 10 cm na rotação soja x trigo e até 5 cm na pastagem. Acredita-se que esta elevação do teor de fósforo disponível seja devida às aplicações de adubos fosfatados e à calagem. Estes dados estão de acordo com os obtidos por LEAL & VELLOSO (37).

Analisando-se as médias de fósforo disponível nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 15), verifica-se que a rotação soja x trigo e a pastagem elevaram o teor de fósforo em relação à testemunha.

Observando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 15), nota-se que não houve variação no teor de fósforo disponível, na testemunha e no café. Houve maior concentração de fósforo à superfície na rotação soja x trigo e na pastagem.

4.12. Capacidade de troca de cátions total do solo ("T")

O Quadro 16 e a Figura 13 apresentam os resultados obtidos para os valores da capacidade de troca de cátions total do solo ("T"). A análise de variância (Quadro 24, Apêndice I) mostrou diferença significativa entre os valores de "T", para sistemas de cultivo e profundidade.

Comparando-se os sistemas de cultivo dentro de profundidade (Quadro 16), verifica-se que a testemunha diferiu da rotação soja x trigo e do café, não diferindo da pastagem. Estes dados evidenciam que a maior parte das cargas negativas (90% do complexo de troca ca-

QUADRO 16 - "T" (capacidade de troca de cátions total do solo) (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	8,29 Ca	10,18 Ba	12,59 Aa	9,54 BCa
5 - 10	8,00 Ca	10,01 ABa	11,54 Aab	9,33 BCa
10 - 15	7,50 Ca	10,04 ABa	10,36 Abc	8,56 BCab
15 - 20	6,93 Cab	10,01 ABa	10,27 Abc	8,28 BCab
20 - 40	6,43 abc	8,41 ab	8,81 cd	6,65 bc
40 - 60	5,21 bc	6,83 bc	7,95 d	5,31 cd
60 - 80	4,60 c	5,91 c	7,30 d	3,83 d
Médias	6,71 γ	8,77 β	9,83 α	7,36 γ

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

"T" (capacidade de troca de cations total do solo)
(emg/100cc)

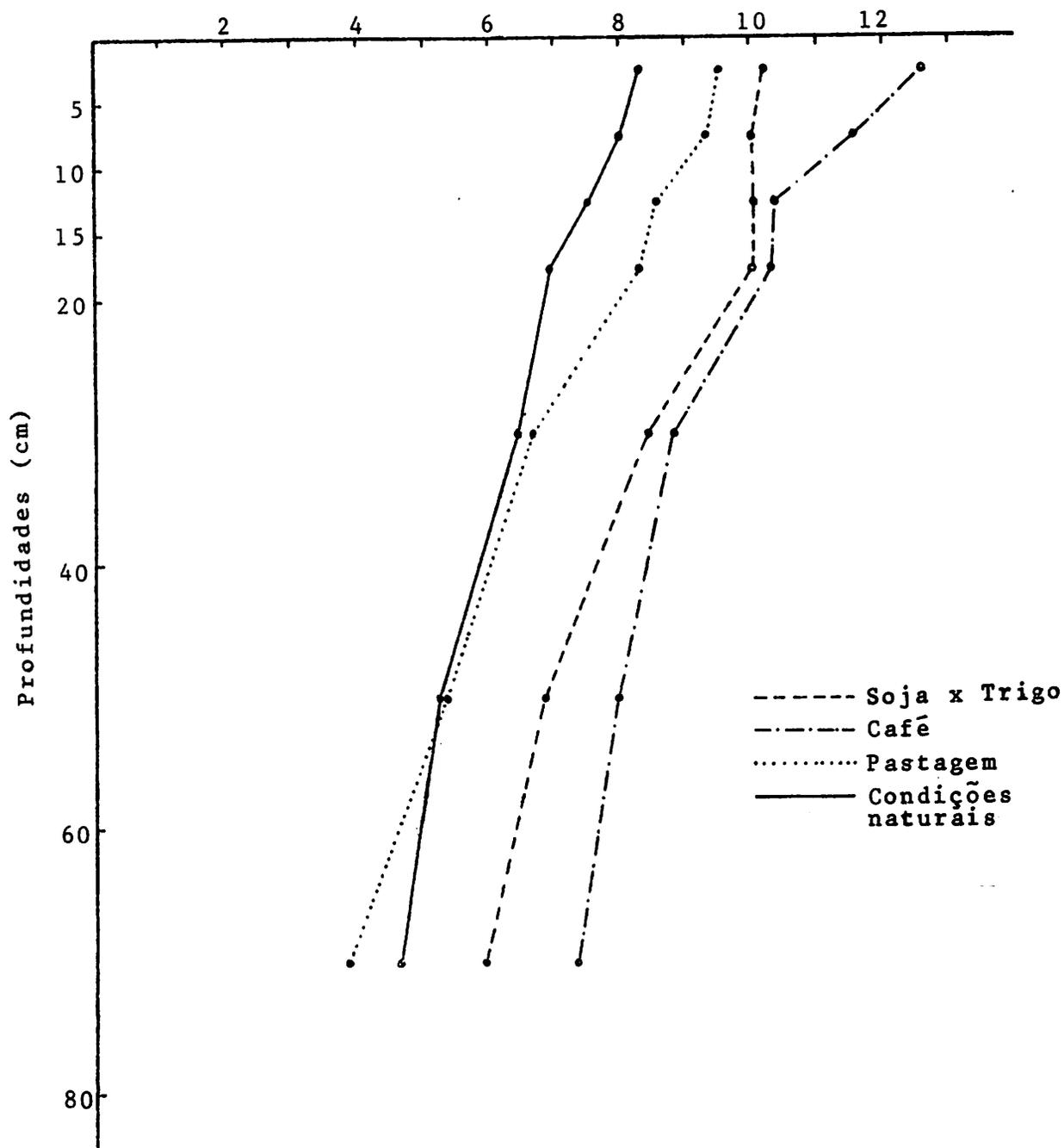


FIGURA 13 - Capacidade de troca de cations total do solo em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

tiônica) estavam ocupadas pelo H + Al na área sob a cultura do café, e na rotação soja x trigo, a saturação de bases foi maior que 50% nas camadas superficiais.

Observando as médias da capacidade de troca de cátions total do solo, nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 16), verifica-se maior valor no café, seguido da rotação soja x trigo, pastagem e testemunha.

Analisando-se profundidade dentro de cada sistema de cultivo (Quadro 16), verificam-se maiores valores, para a capacidade de troca de cátions total ("T"), nas camadas superficiais, em todos os cultivos. Isto deve-se, aos maiores teores de matéria orgânica nestas camadas, e aos efeitos dos corretivos aplicados, na geração de cargas dependentes de pH tanto da fração orgânica como da fração mineral.

4.13. Percentagem de saturação de bases (V%)

Os valores de percentagem de saturação de bases estão apresentados no Quadro 17 e representados na Figura 14. A análise de variância (Quadro 24, Apêndice I) mostrou diferença significativa para sistemas de cultivo, profundidade e interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo (Quadro 17) até a profundidade de 20 cm, observa-se que a testemunha diferiu de todos os sistemas, com exceção da pastagem na profundidade de 15-20 cm. A rotação soja x trigo apresentou os maiores valores, sendo que até 15 cm esteve acima de 50%. Estes resultados devem-se principalmente à aplicação de calcário nos cultivos, concordam com MASCARENHAS et alii (44).

QUADRO 17 - Percentagem de saturação de bases em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais		Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	3,77	Da	53,63 Aa	9,64 Cb	15,89 Ba
5 - 10	3,01	Ca	56,17 A b	9,02 B bc	10,41 B b
10 - 15	3,22	Ca	51,70 A c	8,37 B bc	8,90 B c
15 - 20	3,13	Ca	36,54 A d	9,65 B b	5,63 C d
20 - 40	3,31	a	22,23 e	11,46 a	5,74 d
40 - 60	3,91	a	9,98 f	8,07 c	5,81 d
60 - 80	4,33	a	6,99 g	6,52 d	8,88 c
Médias	3,53 γ		33,89 α	8,96 β	8,75 β

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

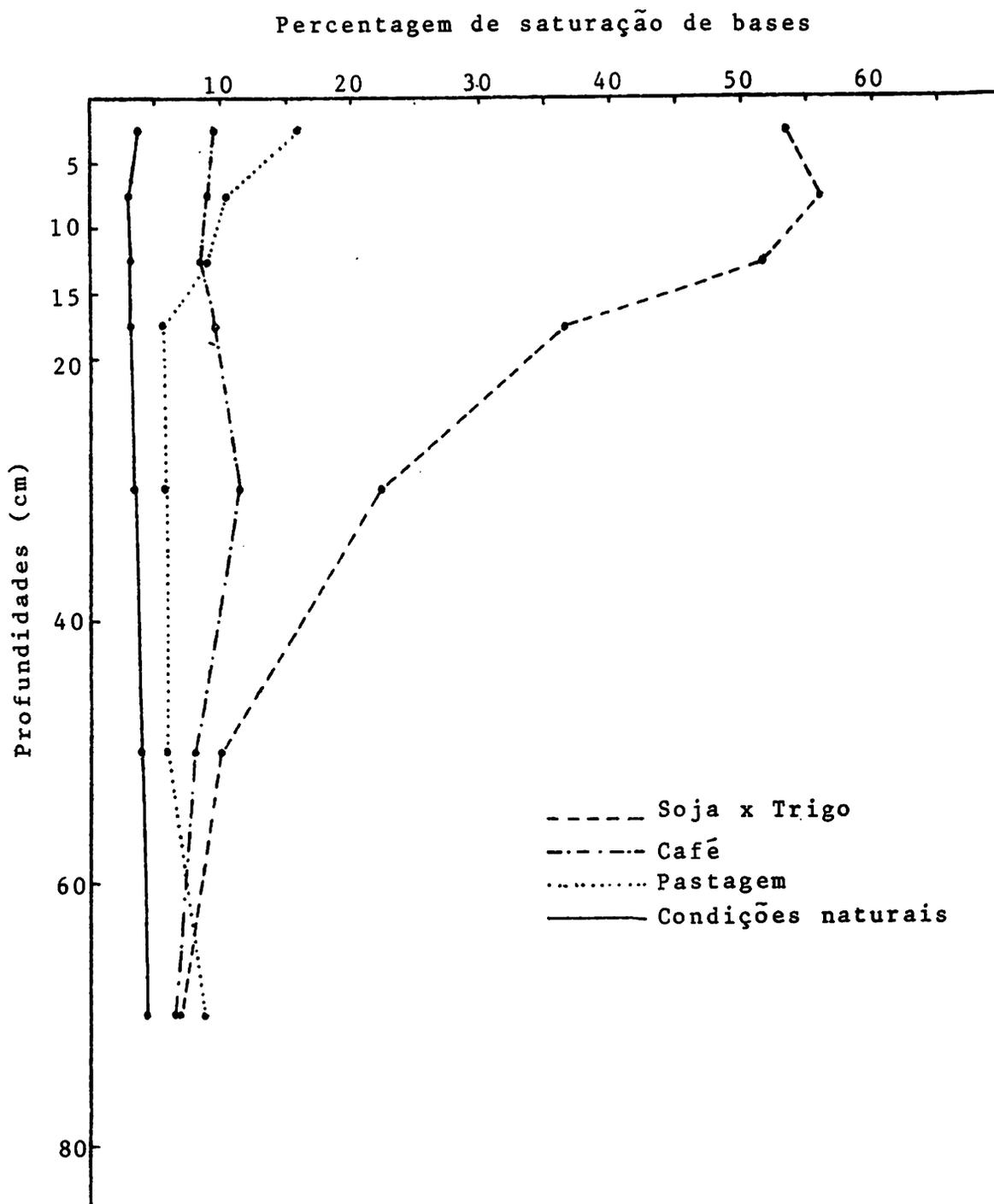


FIGURA 14 - Percentagem de saturação de bases em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Comparando-se as médias dos valores de percentagem de saturação de bases, nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 17), verifica-se que a testemunha diferiu de todos os demais sistemas.

Observando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 17), nota-se que a testemunha não diferiu no valor V% em profundidade. A rotação soja x trigo e a pastagem apresentaram um decréscimo em profundidade e o café mostrou um comportamento variável, entretanto, com a mesma tendência decrescente. Estes resultados estão associados às aplicações de calcário, adubações nitrogenadas e adições de matéria orgânica. Resultado semelhante foi encontrado por MASCARENHAS et alii (44).

4.14. Percentagem de saturação de alumínio (m%)

O Quadro 18 e a Figura 15 apresentam os valores da percentagem de saturação de alumínio da CTC efetiva. A análise de variância (Quadro 25, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo e para a interação sistema de cultivo x profundidade.

Comparando-se os diversos sistemas de cultivo até a profundidade de 20 cm (Quadro 20), observa-se que a testemunha diferiu estatisticamente da rotação soja x trigo nas profundidades estudadas, sendo que na pastagem e café diferiu nas profundidades 0 - 15 e 0 - 5 cm, respectivamente. A rotação soja x trigo foi a que apresentou menor saturação de alumínio, seguida da pastagem, café e testemunha, nas referidas profundidades. No café, as aplicações de matéria orgânica e de adubos nitrogenados, condicionaram um pH mais baixo e maior quantidade de alumínio trocável, porém a calagem fornecida contrabalançou em

QUADRO 18 - Percentagem de saturação de alumínio em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*..

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo		Café	Pastagem	
0 - 5	48,68 Aa	1,80	D b	35,47 Bab	15,03	C b
5 - 10	47,16 Aa	1,75	Cb	39,68 Aa	26,86	Ba
10 - 15	43,66 Aab	1,54	Cb	39,18 Aa	28,43	Ba
15 - 20	34,12 Abc	2,87	B b	34,44 Aab	33,93	Aa
20 - 40	31,57 c	21,73	a	22,96 c	31,85	a
40 - 60	32,26 bc	16,85	a	25,04 bc	24,24	ab
60 - 80	32,83 bc	19,35	a	24,45 bc	24,02	ab
Médias	38,61 α	9,41 θ		31,60 β	26,34 γ	

* Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

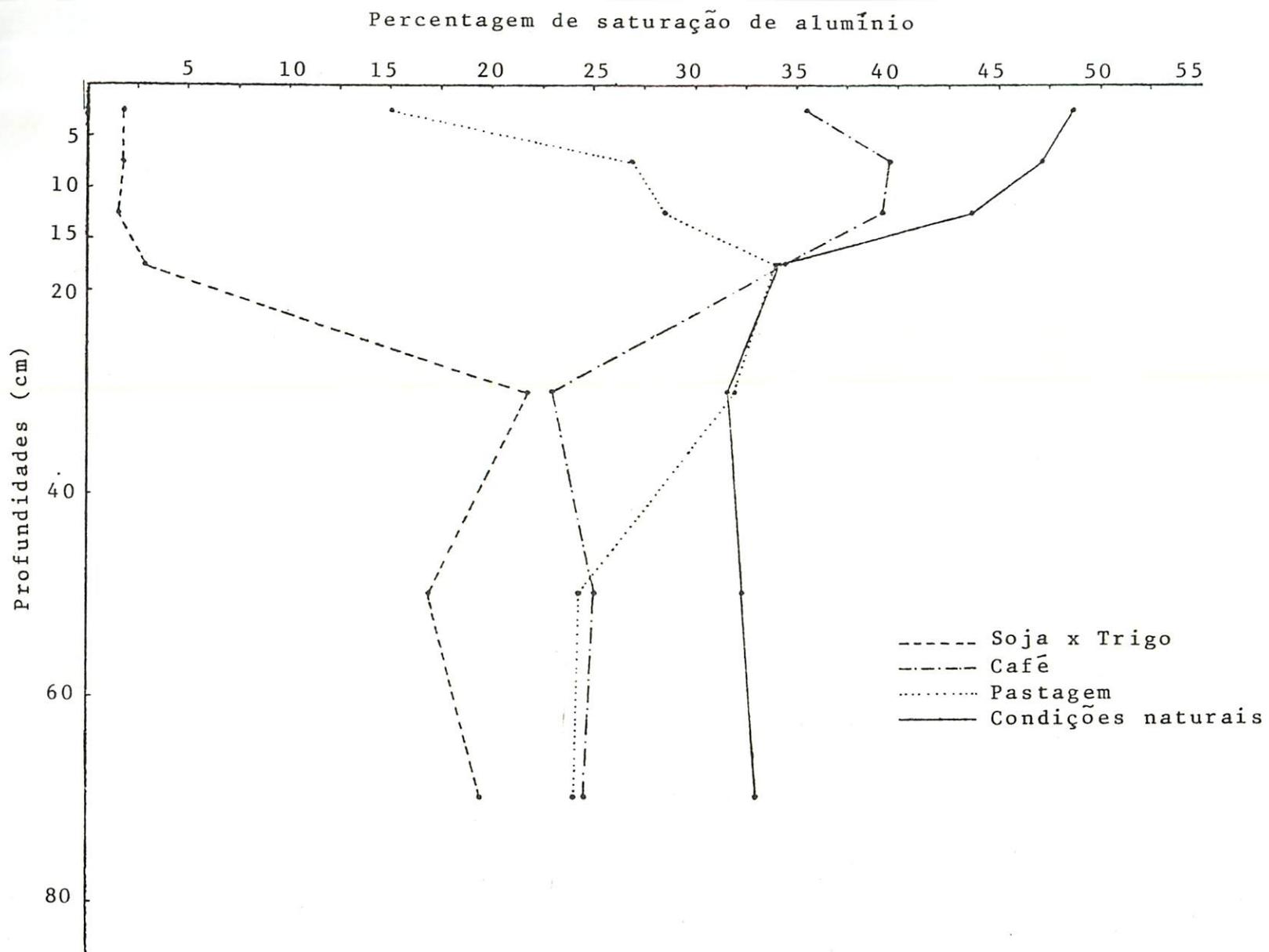


FIGURA 15 - Percentagem de saturação de alumínio em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.



parte este efeito. As doses de calcário e fosfato natural aplicadas na pastagem permitiram reduções na saturação de alumínio, em relação à testemunha, somente até as profundidades de 0 - 15 cm.

Observando as médias dos valores da percentagem de saturação de alumínio, nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 18), nota-se que a menor saturação de alumínio foi da rotação soja x trigo, seguido da pastagem, do café e da testemunha.

Analisando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 18), nota-se que na testemunha diminuiu a percentagem de saturação de alumínio. A rotação soja x trigo apresentou reduzidos valores até 20 cm, aumentando em seguida. Isto deve-se à incorporação do calcário na camada 0 - 15 cm. A pastagem apresentou menor saturação na camada 0 - 5 cm, com tendência à uniformidade no resto do perfil. Porém, o café apresentou alta percentagem de saturação de alumínio até 20 cm, apresentando menores percentuais a partir desta profundidade. Isto deve-se, possivelmente, à acidificação pelos adubos nitrogenados aplicados nesta cultura.

4.15. CTC efetiva

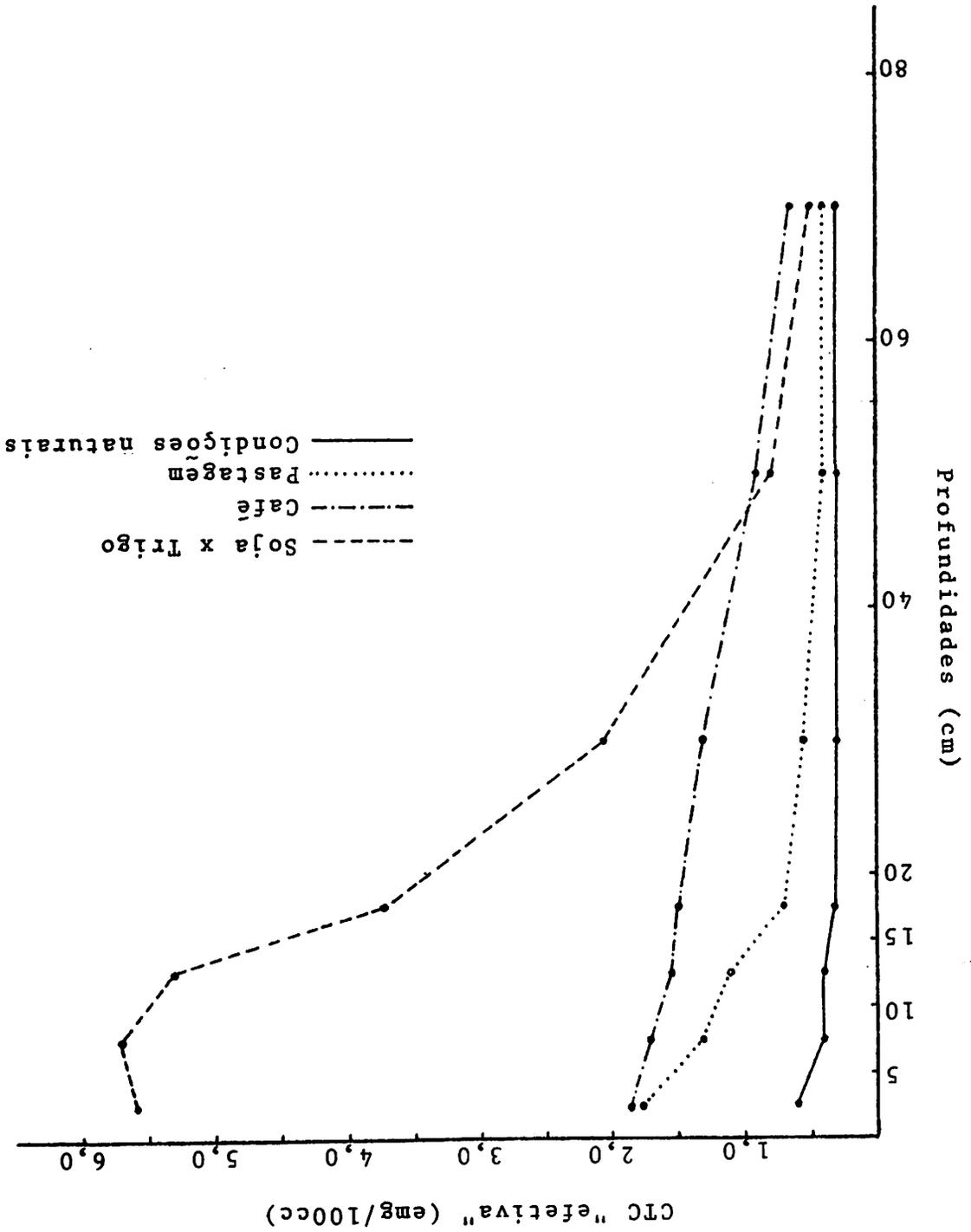
A CTC efetiva é considerada em função do pH natural. Neste estudo os diferentes sistemas de cultivo, condicionaram que o pH natural de cada sistema fosse diferenciado. Para a discussão, considerou-se com "CTC efetiva" a soma de $Ca + Mg + K + Al$, nos diversos sistemas de cultivo, com seus respectivos valores de pH, sendo que sob condições naturais, este valor é expresso como CTC efetiva. Os valores de ambas CTC estão apresentados no Quadro 19 e representados

QUADRO 19 - "CTC efetiva" (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	0,60 Ca	5,58 Aa	1,87 Ba	1,77 Ba
5 - 10	0,42 Ca	5,71 Aa	1,72 Bab	1,32 BCab
10 - 15	0,42 Ca	5,30 Aa	1,56 Bab	1,10 BCab
15 - 20	0,33 Ca	3,73 Aab	1,49 Bab	0,72 BCab
20 - 40	0,31 a	2,06 c	1,32 ab	0,56 b
40 - 60	0,30 a	0,78 d	0,90 ab	0,41 b
60 - 80	0,30 a	0,51 d	0,65 b	0,41 b
Médias	0,38 θ	3,38 α	1,36 β	0,90 γ

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

FIGURA 16 - CTC "efetiva" em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.



na Figura 16. A análise de variância (Quadro 25, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

Analisando-se os diversos sistemas de cultivo até a profundidade de 20 cm (Quadro 19), observa-se que a testemunha diferiu do café, da rotação soja x trigo, porém na pastagem diferiu somente na camada de 0 - 5 cm. As aplicações de corretivos e fertilizantes na rotação soja x trigo, foram possivelmente a causa direta do aumento da "CTC efetiva", segundo KAILA (34) e TAMIMI et alii (65). Este aumento é devido à liberação de cargas como consequência do aumento do pH, tanto na fração mineral, como na orgânica. Comparando-se as Figuras 6 e 16, verifica-se que o aumento da "CTC efetiva" foi praticamente devido ao efeito da calagem. No café, possivelmente, o menor valor de pH atingido pelo manejo diminuiu o efeito de formação de cargas dependentes de pH. Resultados semelhantes foram encontrados por VITTI et alii (70). Além deste fato, existe uma tendência da CTC efetiva de diminuir com o aumento da matéria orgânica, quando os valores de pH são menores que 5,0, LOPES (40). Os valores de pH no caso da cultura do café variaram de 4,70 a 4,97 no presente estudo.

Observando-se as médias dos valores da "CTC efetiva", nos diversos sistemas de cultivo (Quadro 19), verifica-se que todos diferiram das condições naturais. A maior "CTC efetiva" foi encontrada na rotação soja x trigo, seguida do café, pastagem e testemunha.

Comparando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 19), nota-se que a testemunha não diferiu nas diversas camadas estudadas, embora os maiores valores fossem encontrados mais à superfi-

cie. Os demais sistemas de cultivo apresentaram menores níveis de "CTC efetiva" em profundidade.

4.16. Capacidade de troca de cátions a pH 7,0

O Quadro 20 e a Figura 17 apresentam os valores da CTC a pH 7,0. A análise de variância (Quadro 25, Apêndice I) mostrou efeito significativo para sistemas de cultivo, profundidade e para a interação.

Comparando-se os diversos sistemas de cultivo até as profundidades de 20 cm (Quadro 20), observa-se que a testemunha diferiu dos demais sistemas a exceção do café na profundidade de 10 a 15 cm. Este efeito está diretamente relacionado com as aplicações de fertilizantes, corretivos e matéria orgânica através dos sistemas de manejo do solo. Isto demonstra que a CTC deste solo pode ser aumentada, através de cultivos pelos diferentes sistemas testados.

Observando-se as médias, dos valores de CTC a pH 7,0, nos diferentes cultivos (Quadro 20), verifica-se que a testemunha diferiu dos demais.

Analisando-se os sistemas de cultivo em profundidade (Quadro 20), nota-se que a testemunha apresentou uma tendência a maiores valores à superfície, decrescendo no perfil. Os demais sistemas, também decresceram seus valores em profundidade, porém apresentaram níveis elevados até 20 cm. A Figura 17 mostra a CTC a pH 7,0 nas profundidades estudadas dos diferentes cultivos.

QUADRO 20 - CTC a pH 7,0 (emg/100cc) em diferentes profundidades de um LV, nos diferentes cultivos (médias de 3 repetições)*.

Profundidade -cm-	Condições naturais	Soja x Trigo	Café	Pastagem
0 - 5	7,87 Ba	10,23 Aa	11,67 Aa	11,07 Aa
5 - 10	6,90 Bab	11,00 Aa	10,17 Aab	10,80 Aa
10 - 15	6,93 Bab	10,63 Aa	8,60 ABbc	10,63 Aa
15 - 20	4,93 B b	9,17 Aabc	8,48 A bc	9,97 Aa
20 - 40	5,63 ab	8,13 bc	7,57 c	8,87 ab
40 - 60	6,37 ab	7,43 cd	7,10 c	7,50 bc
60 - 80	5,13 b	5,47 d	6,83 c	6,10 c
Médias	6,11 β	8,87 α	8,63 α	9,28 α

* Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha e mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, respectivamente.

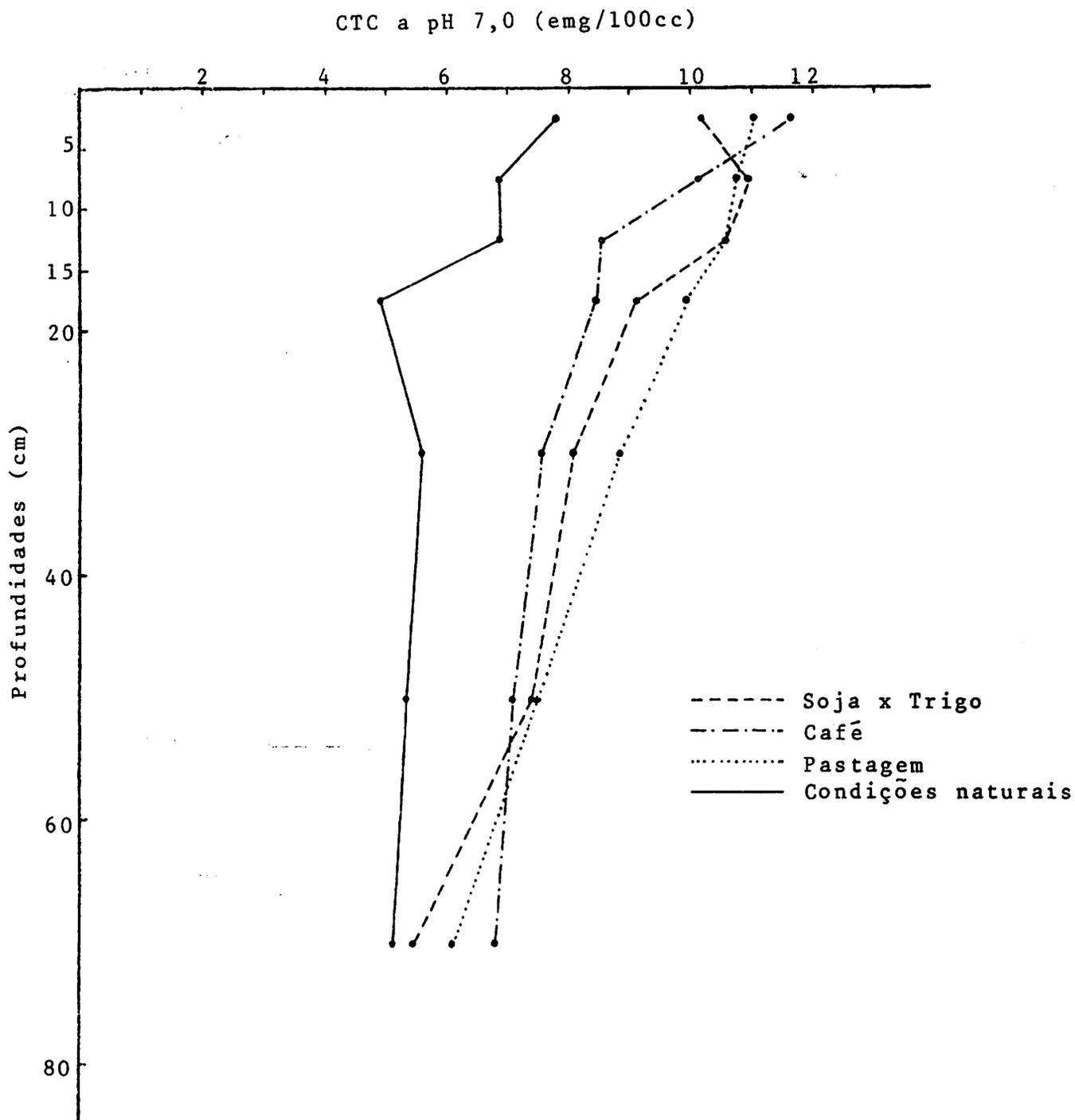


FIGURA 17 - CTC a pH 7,0 em diferentes profundidades de um LV, nos diversos cultivos.

Verifica-se, pelas Figuras 18 e 19, que o aumento da CTC a pH 7,0 em relação à "CTC efetiva" da rotação soja x trigo e CTC efetiva da testemunha, foi menor no primeiro caso (106%) do que no segundo (1419%). Isto deve-se às aplicações de calcário, no rotação soja x trigo, que liberou pontos de cargas negativas, antes da elevação do pH a 7,0.

A Figura 20 compara a CTC a pH 7,0 sob condições naturais e a CTC a pH 7,0 da rotação soja x trigo, nota-se um efeito mais intenso do cultivo até a profundidade de 60 cm. As maiores alterações ocorreram na camada de 0 - 20 cm, totalizando um aumento médio de 57 %.

Comparando-se a "CTC efetiva" e a CTC a pH 7,0, no café (Figura 21), verifica-se que as aplicações de matéria orgânica, calcário e fertilizantes proporcionaram um potencial de cargas dependentes de pH superior à rotação soja x trigo, porém sua "CTC efetiva" foi muito inferior, notadamente até 40 cm de profundidade.

Comparando-se os valores da CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo e no café (Figura 20 e 22) respectivamente, nas profundidades de 20 até 60 cm, verifica-se que, praticamente não houve diferenças marcantes.

A Figura 23 compara a "CTC efetiva" e a CTC a pH 7,0 na pastagem. Este cultivo proporcionou o maior aumento de cargas dependentes (CTC a pH 7,0) em todas as profundidades.

Comparando-se a CTC a pH 7,0 em condições naturais, com a CTC a pH 7,0 na pastagem (Figura 24), verifica-se que a pastagem pro

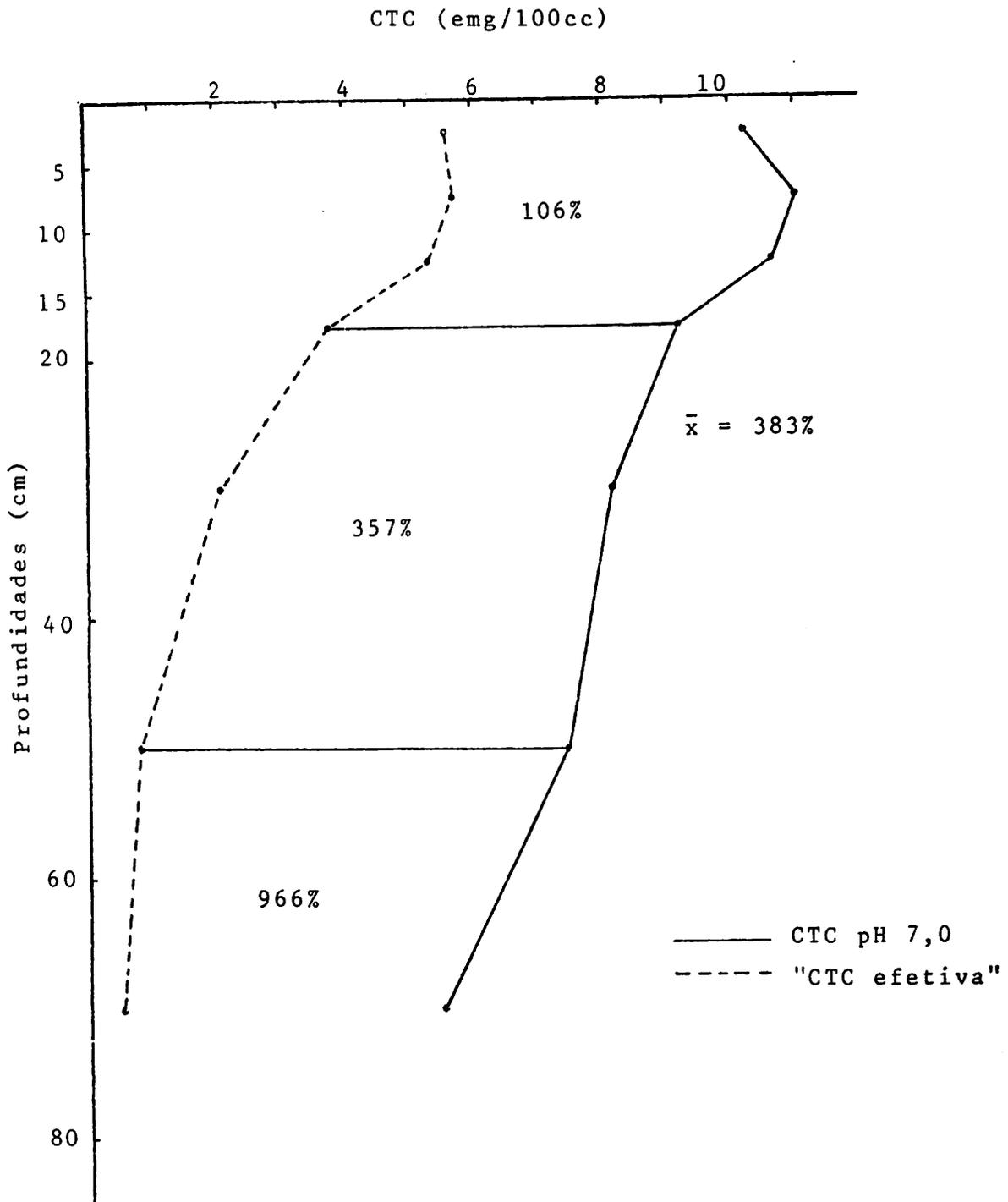


FIGURA 18 - Comparação entre " CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV.

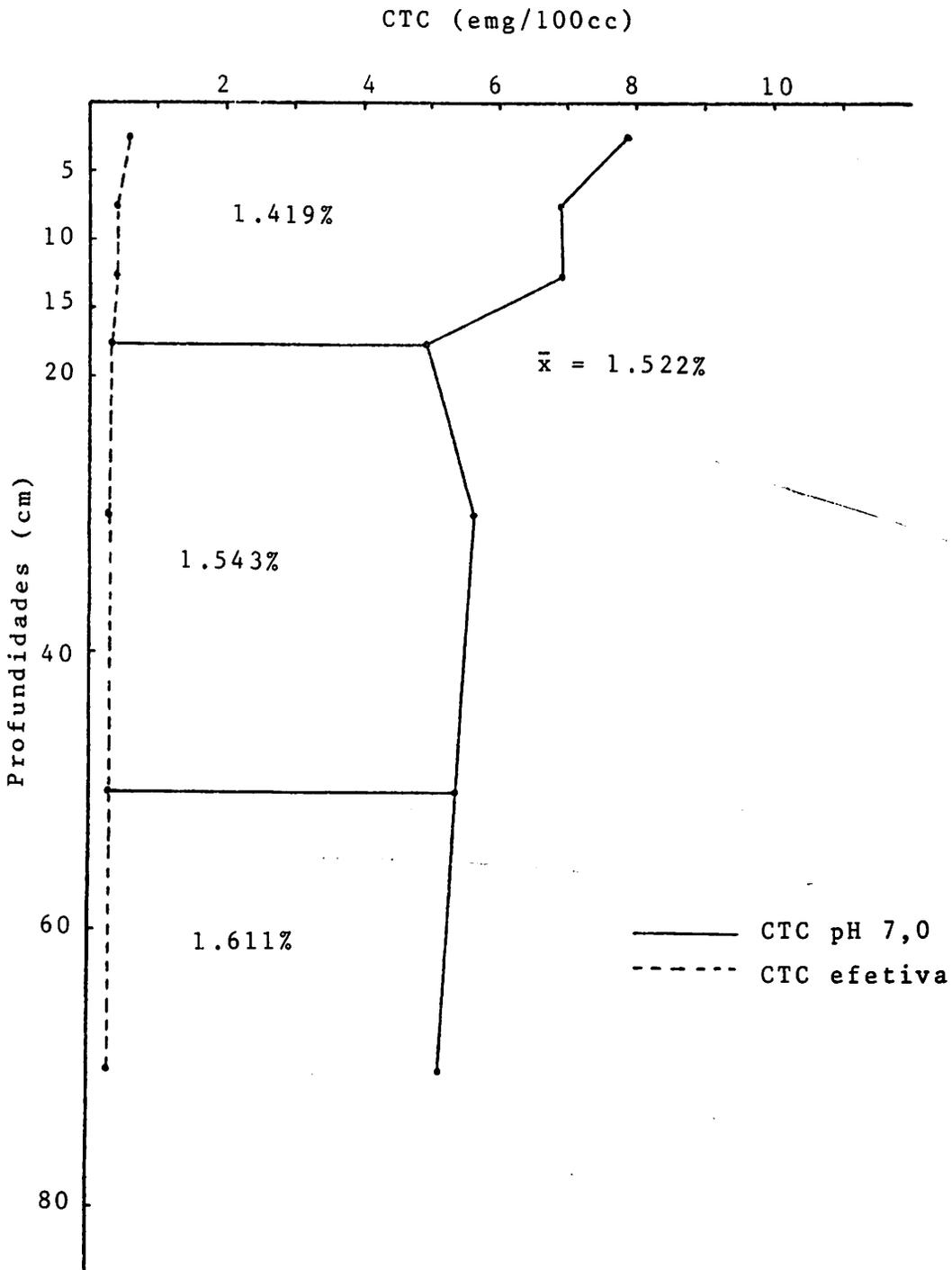


FIGURA 19 - Comparação entre CTC efetiva e CTC a pH 7,0 em condições naturais, em diferentes profundidades de um LV.

CTC a pH 7,0 (emg/100cc)

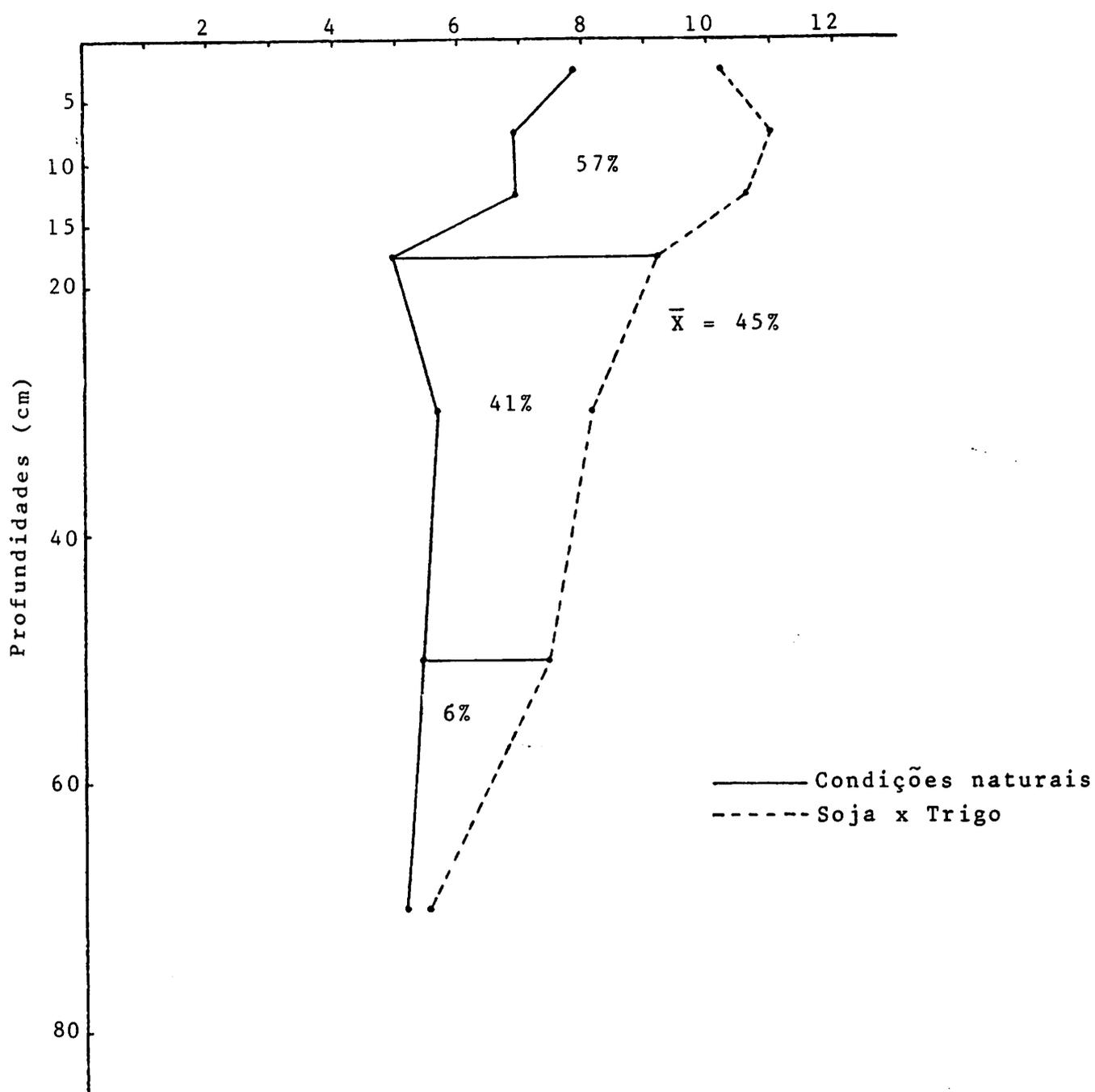


FIGURA 20 - Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV.

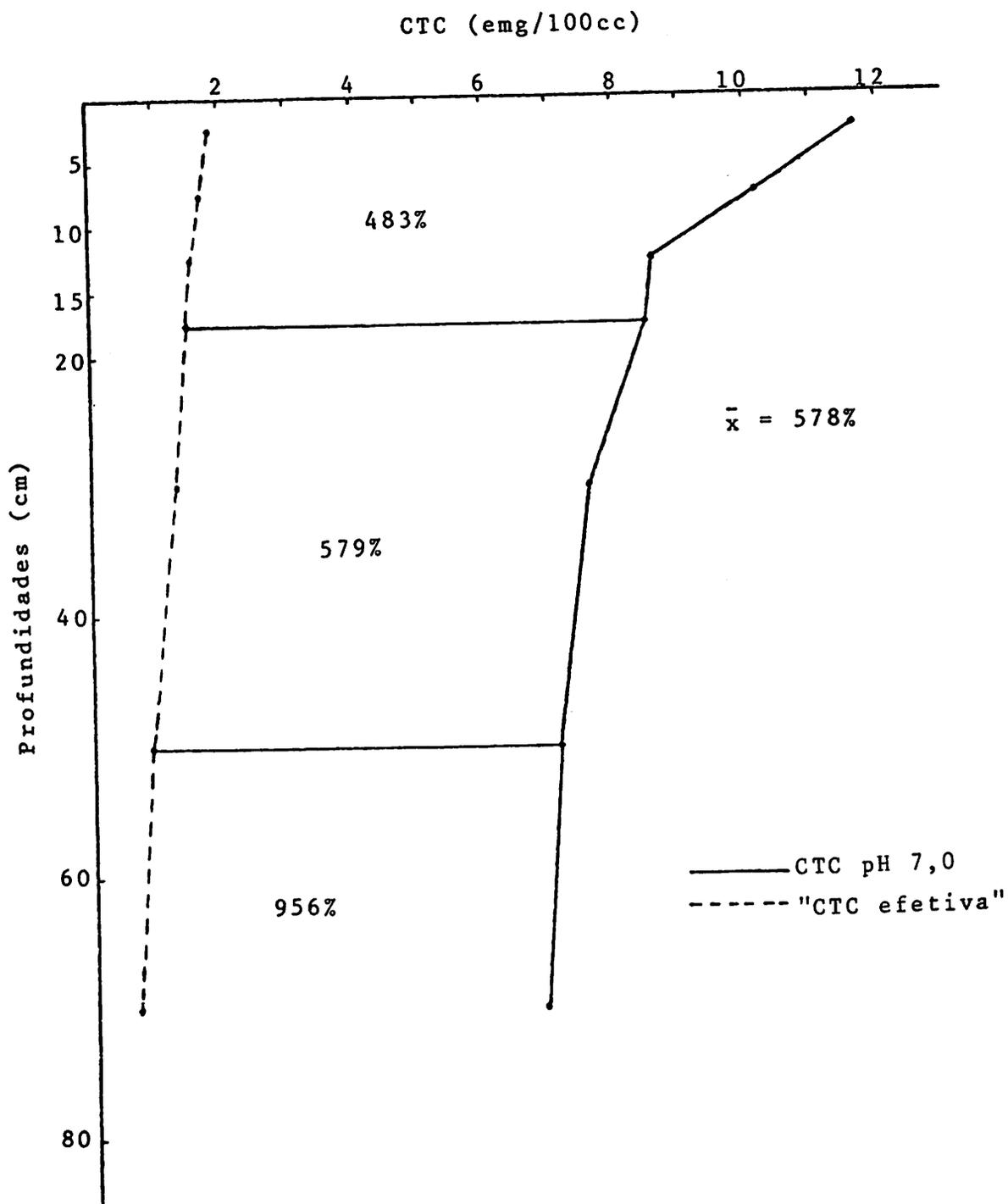


FIGURA 21 - Comparação entre "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV.

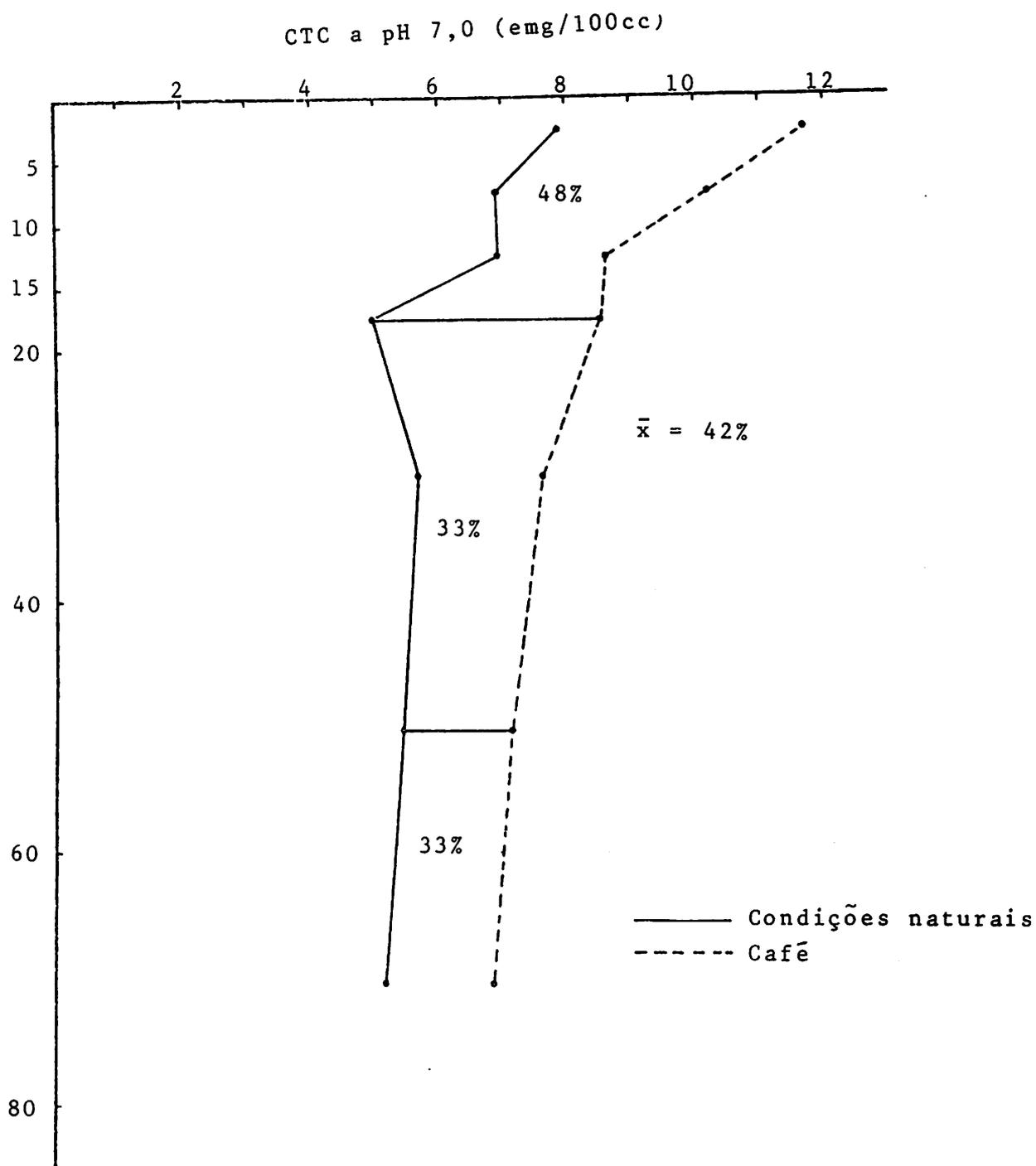


FIGURA 22 - Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV.

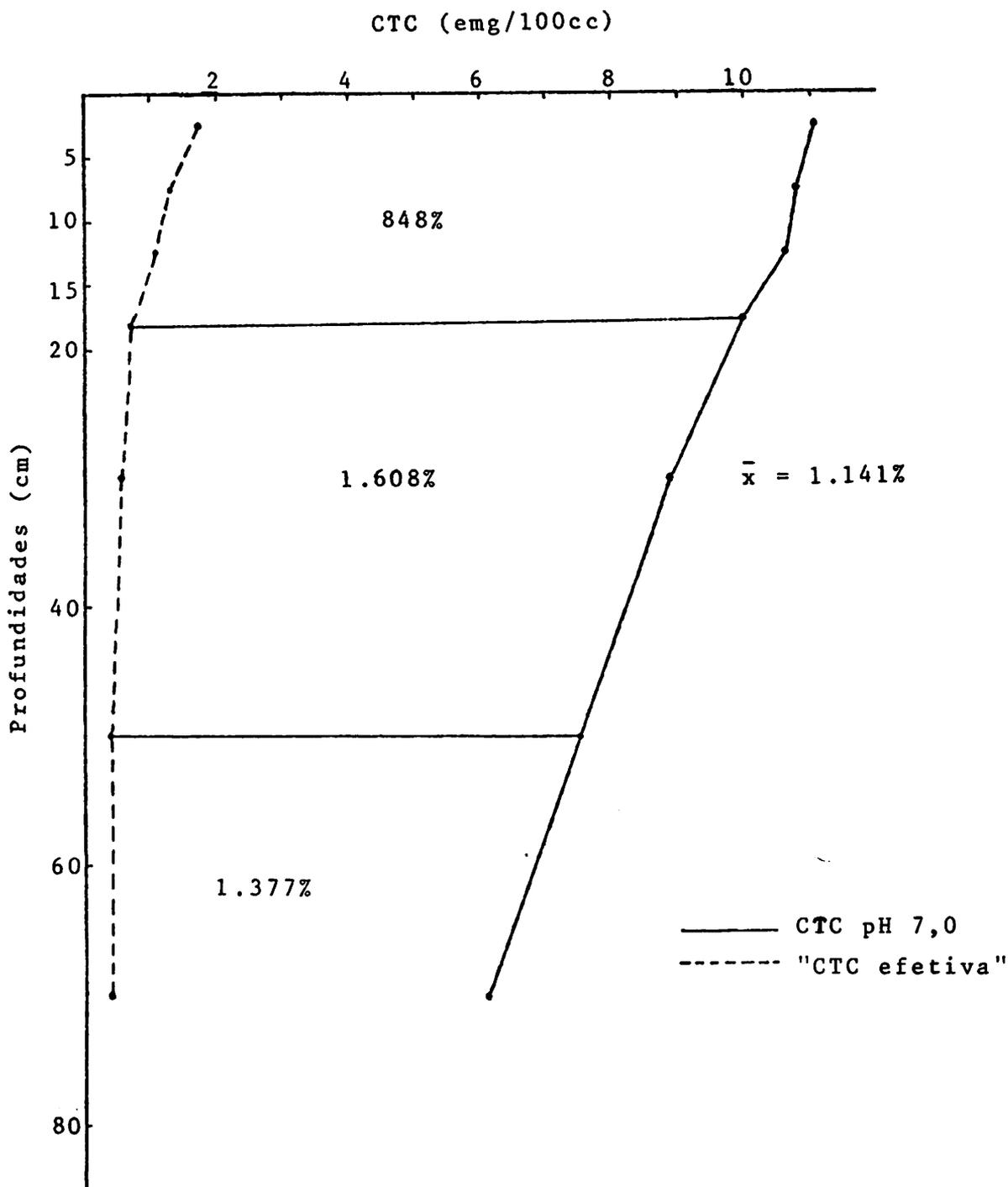


FIGURA 23 - Comparação entre "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV.

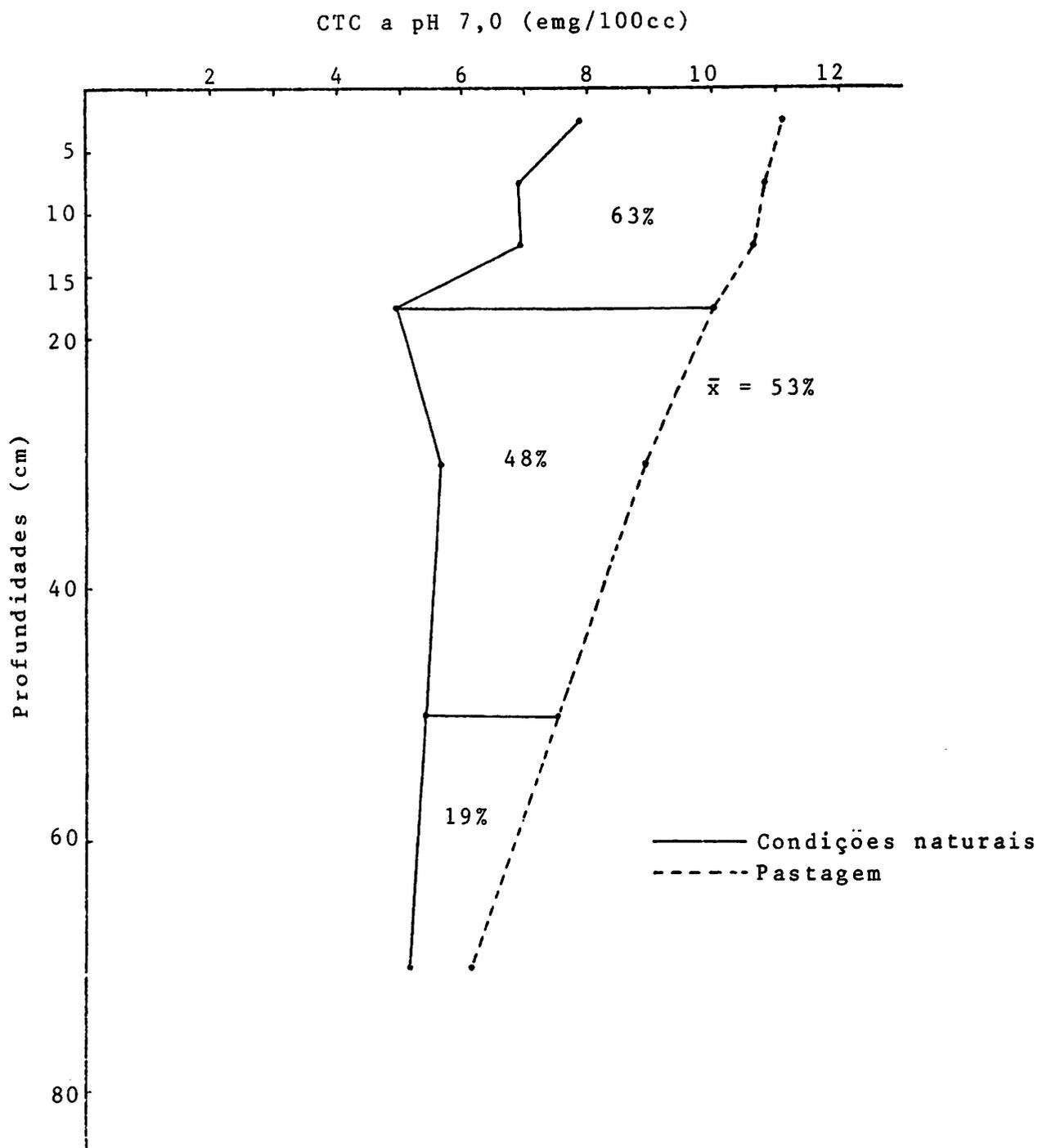


FIGURA 24 - Comparação entre CTC a pH 7,0 em condições naturais e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV.

porcionou um aumento de 63% na camada de 0 - 20 cm e aumentos menores em profundidade. Este efeito deve-se, possivelmente, às aplicações de fosfato natural, calcário e matéria orgânica oriunda da decomposição de raízes das gramíneas. Estes resultados concordam com os trabalhos de SAWHNEY (60) e BAENA (08).

As Figuras 25, 26 e 27 demonstram aumentos significativos de cargas quando se eleva o pH deste solo a 7,0, devido à liberação das mesmas nas frações orgânicas e mineral, nos diversos sistemas de cultivo.

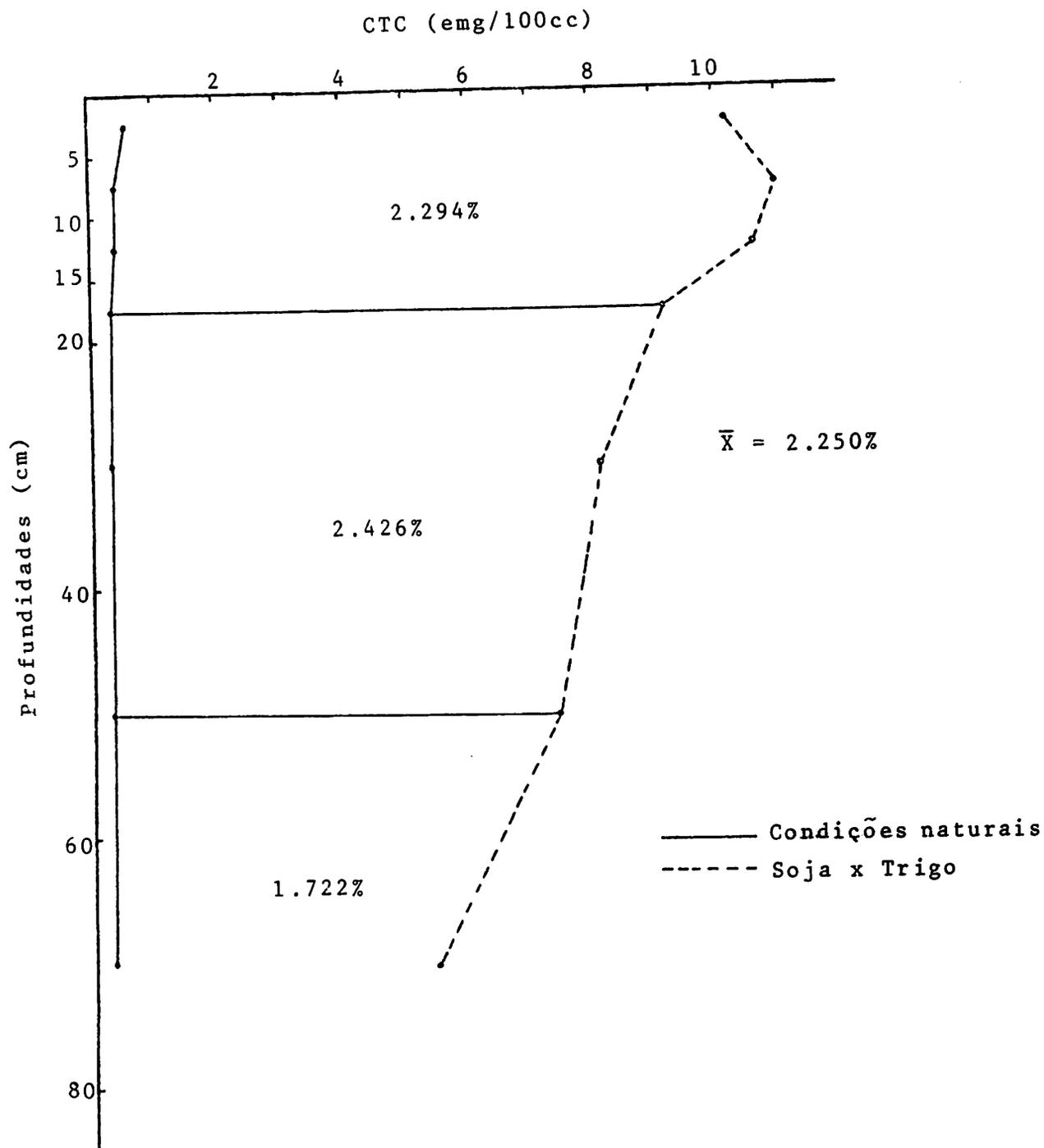


FIGURA 25 - Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 na rotação soja x trigo, em diferentes profundidades de um LV.

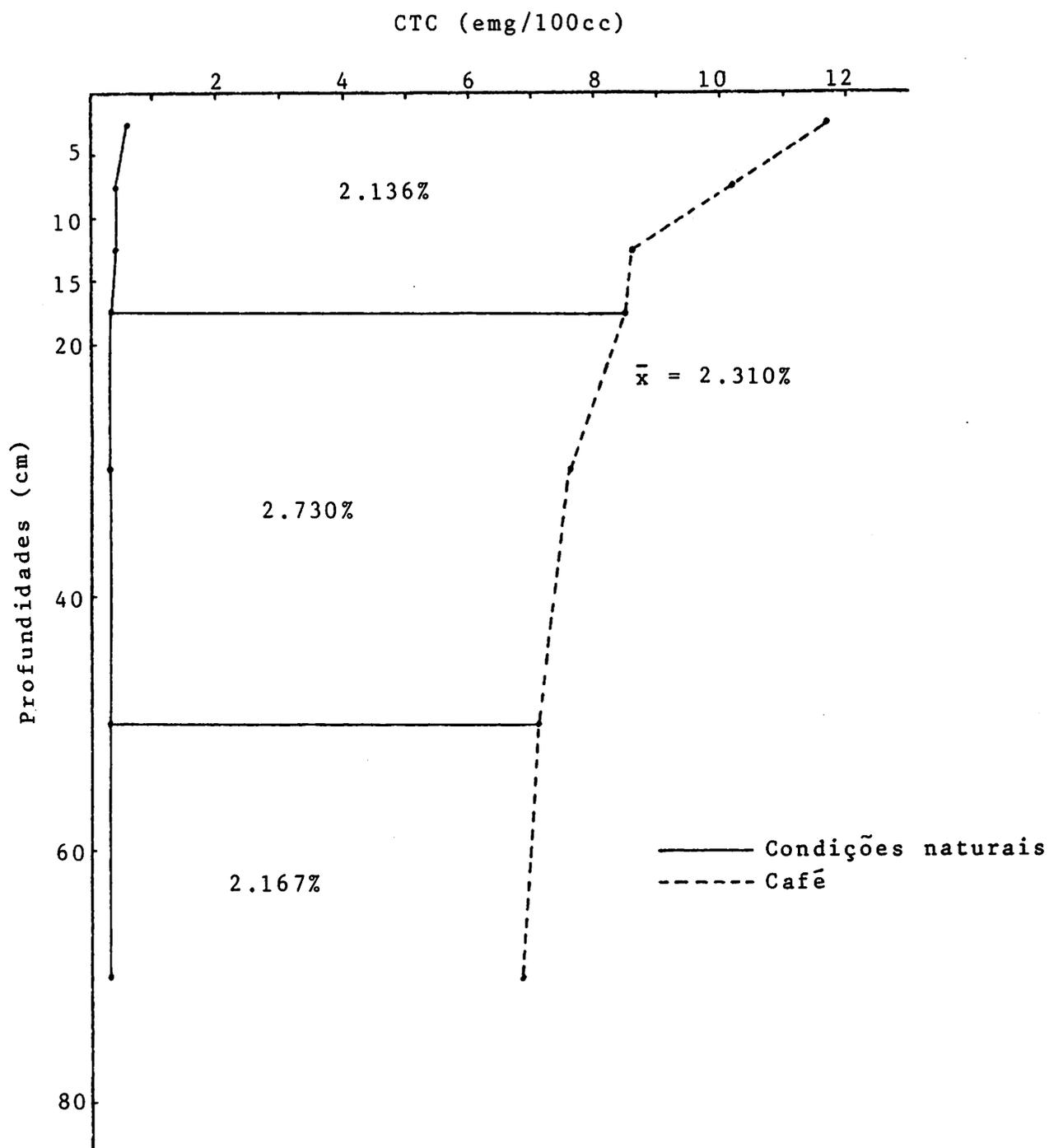


FIGURA 26 - Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 no café, em diferentes profundidades de um LV.

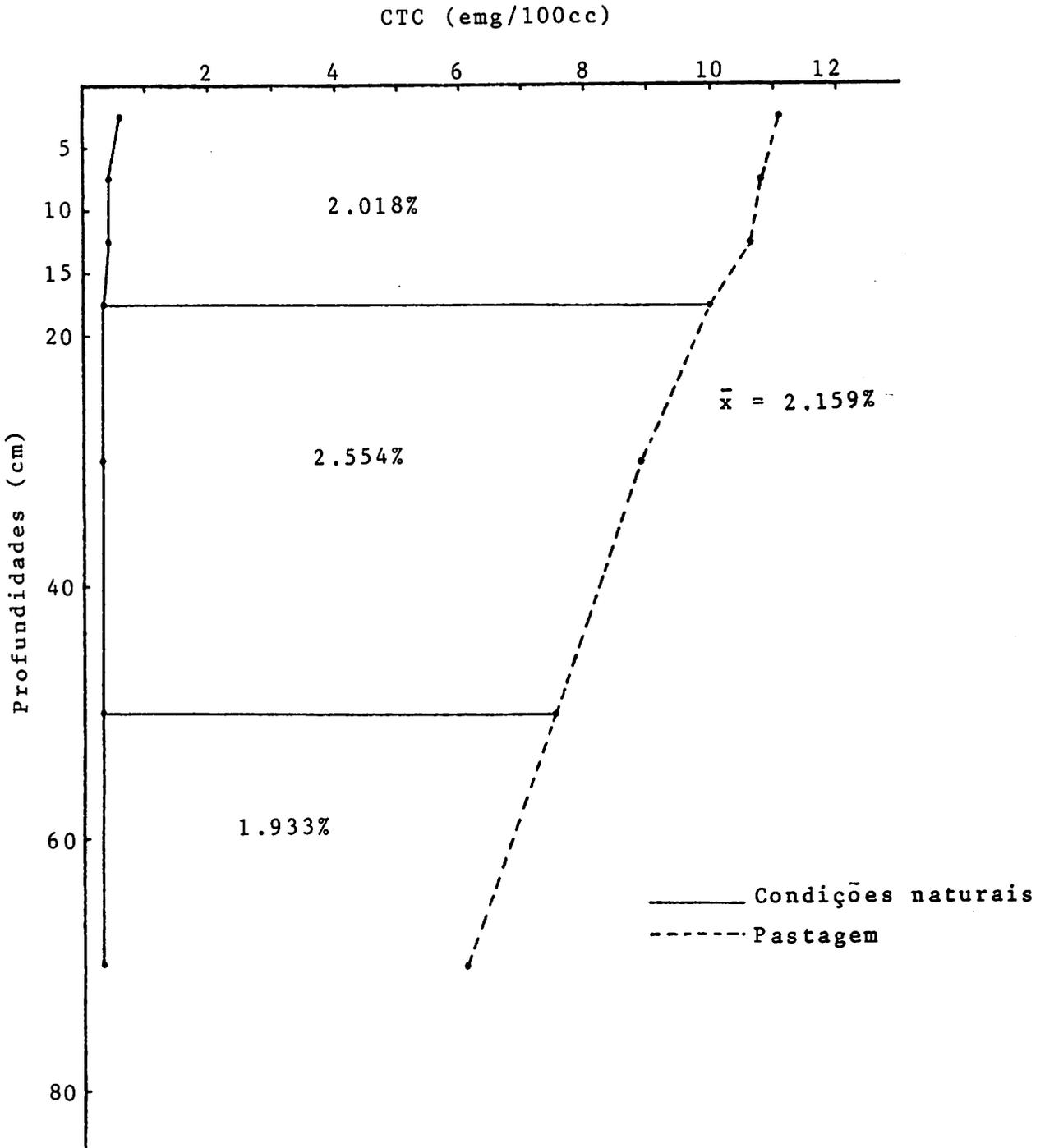


FIGURA 27 - Comparação entre CTC efetiva em condições naturais e CTC a pH 7,0 na pastagem, em diferentes profundidades de um LV.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram chegar as seguintes conclusões, dentro das condições experimentais desse trabalho.

1. A utilização do solo com a rotação soja x trigo elevou os seguintes parâmetros em relação à testemunha: pH, matéria orgânica, Ca + Mg, Mn, Cu, Zn, P, "T", saturação de bases (V%), CTC efetiva e CTC a pH 7,0. Não alterou Al, K e Fe. E reduziu H + Al e saturação de alumínio (m%).
2. A utilização do solo com café, em relação à testemunha, elevou a matéria orgânica, Al, H + Al, Ca + Mg, K, Cu, Zn, "T", V%, CTC efetiva e CTC a pH 7,0. Não alterou Fe, Mn e P. E reduziu pH e m%.
3. A utilização do solo com pastagem, em relação à testemunha, elevou o pH, matéria orgânica, Al, Ca + Mg, Fe, Mn, Zn, V%, CTC efetiva e CTC a pH 7,0. Não alterou H + Al, K, Cu, P e "T". E reduziu a m%.

4. Os elementos estudados, de modo geral, apresentaram maiores concentrações nas camadas superficiais (0 - 20 cm), demonstrando pequena movimentação no perfil. Porém o Ca + Mg na rotação soja x trigo, e o K no café tiveram uma maior lixiviação.
5. Todos os três sistemas de cultivo estudados, melhoraram, em geral, as características de baixa fertilidade natural deste solo, demonstrando que com manejo adequado, um dos mais sérios problemas para o uso do mesmo, pode ser sobrepujado.

6. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo, verificar a influência de três sistemas de cultivo (rotação soja x trigo, café e pastagem) nas características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso, originalmente sob condições de cerrado.

A área de estudo está localizada em Rio Paranaíba - MG, fazendo parte do Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), sendo as amostras coletadas em abril de 1981, após seis anos sob os citados sistemas de cultivo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 7 x 3, com 4 cultivos, 7 profundidades e 3 repetições, perfazendo um total de 84 tratamentos. Os parâmetros avaliados foram: pH em H₂O, matéria orgânica, Al, H + Al, Ca + Mg e K trocáveis, Fe, Mn, Cu, Zn e P solúveis, "T", V%, m%, CTC efetiva e CTC a pH 7,0.

A área sob sistema de cultivo com rotação soja x trigo apresentou, em relação a área sob vegetação natural, aumentos significantes nos valores de pH em água, matéria orgânica, Ca + Mg, Mn, Cu, Zn, P, "T", V%, CTC efetiva e CTC a pH 7,0 e reduções significantes nos

teores de H + Al e m%, considerando-se os dados médios para a camada de 80 cm. Não se observou variação significativa para os parâmetros Al, K e Fe.

A área sob cultura do café apresentou aumentos significantes nos parâmetros matéria orgânica, Al, H + Al, Ca + Mg, K, Cu, Zn, "T", V%, CTC efetiva e CTC a pH 7,0. Não apresentou variações significativas para Fe, Mn e P e apresentou redução nos valores do pH em H₂O e m%.

No caso da área sob pastagem não houve alteração significativa de H + Al, K, Cu, P e "T", observando-se uma redução significativa apenas no parâmetro m%. Todos os demais parâmetros aumentaram significativamente.

Todos os três sistemas de cultivo estudados, melhoraram as características de baixa fertilidade natural do solo, demonstrando que a utilização de solos sob vegetação de cerrado, em áreas climaticamente favoráveis, com rotação soja x trigo, pastagem e café é edaficamente benéfica.

7. SUMMARY

EFFECT OF CULTIVATION ON SELECTED CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A RED-YELLOW LATOSOL, DYSTROPHIC, CLAYEY, ORIGINALLY UNDER "CERRADO" VEGETATION.

This study was conducted to evaluate the influence of three cropping systems (double cropping soybeans x wheat, coffee and pasture) on the chemical characteristics of a Red-yellow Latosol, dystrophic, clayey, originally under "cerrado" vegetation.

The study area is located at Rio Paranaíba, Minas Gerais State, Brazil, is part of the colonization program: Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP). The samples were collected during April, 1981, after six (6) years under the above cropping systems. The experimental design was a completely randomized, in a factorial scheme 4 x 7 x 3, with four (4) cropping systems, seven (7) depths of sampling and three (3) replications, totalizing 84 treatments. The following parameters were evaluated: pH (H₂O), organic matter, exchangeable Al, H + Al, Ca + Mg and K; extractable Fe, Mn, Cu, Zn and P; "T", V%, m%, effective CEC and CEC at pH 7,0.

The area under double cropping soybeans x wheat presented, as compared to the area under natural vegetation, a significant increase in pH, organic matter, Ca + Mg, Mn, Cu, Zn, P, "T", V%, effective CEC and CEC at pH 7,0, and a significant decrease in H + Al and m% ,

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ABRUÑA, F. et alii. Response of corn to acidity factors in eight tropical soils. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, Rio Piedras, 58(1):59-77, Jan. 1974.
02. AGBOOLA, A.A. & FAYEMI, A.A. Effect of soil management on corn yield and soil nutrients in the rain forest zone of Western Nigeria. Agronomy Journal, Madison, 64(5):641-4, Sept./Oct. 1972.
03. ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1973. 637 p.
04. ALVIM, P.T. & ARAUJO, W.A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. Turrialba, Turrialba, 2(4):153-60, oct./dic. 1952.

05. ANDERSON, G.D. Fertility studies on a sandy loam in semi-arid Tanzania; I effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on yields of maize and soil nutrient status. Experimental Agriculture, Cambridge, 6(1):1-12, Jan. 1970.
06. ANJOS, J.T. et alii. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades químicas de um cambissolo húmico distrófico, cultivado com milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 5(1):50-4, jan./abr. 1981.
07. ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais no solo. In: SIMPÓSIO sobre o cerrado. São Paulo, USP, 1963. p. 285-303.
08. BAENA, A.R.C. O efeito de pastagens (*Panicum maximum*) na composição química do solo em floresta tropical de terra firme. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1978. p. 355-77.
09. BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS. Condições climáticas. In: _____. Diagnóstico da economia mineira; o espaço natural. s.l., s.d. v.2, p. 149-67.
10. BAVER, L.D. Practical applications of potassium interrelationships in soils and plants. Soil Science, Baltimore, 55:121-6, 1943.

11. BEN, J.R. Efeito da calagem no comportamento dos elementos, alumínio, cálcio, magnésio e potássio no solo e relações dos mesmos com a planta. Santa Maria, UFSM, 1974. 65 p. (Tese MS).
12. CAMARGO, A.P. Clima do cerrado. In: SIMPÓSIO sobre o cerrado. São Paulo, USP, 1963. p. 93-115.
13. CAMARGO, M.N. & BENNEMA, J. Delineamento esquemático dos solos do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 1:47-54, 1966.
14. CARMO, D.N. Caracterização, gênese e uso de latossolos sob cerrado no município de Rio Paranaíba. Lavras, ESAL, 1977. 84 p. (Tese MS).
15. CHRISTENSEN, P.D.; TOTH, S.J. & BEAR, F.E. The status of soil manganese as influenced by moisture, organic matter, and pH. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15:279-82, 1950.
16. DEFELIPO, B.V. Comparação entre métodos para determinar a necessidade de calcários de solos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1970. 53 p. (Tese MS).
17. DEMUMBRUM, L.E. & JACKSON, M.L. Formation of basic cations of copper, zinc, iron and aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 21(6):662, Nov./Dec. 1957.

18. ESWARAPPA, H.; MAIK, M.S. & DAS, N.B. Study of microbiological, and chemical methods for the status of available copper and zinc in tropical soils. Indian Journal of Agricultural Sciences, New Delhi, 39(8):761-9, Aug. 1969.
19. FRANCO, C.M. & MEDINA, H.P. Arrastamento de potássio e fósforo, pela água de infiltração do solo. Bragantia, Campinas, 19: LXXIII-LXXVI, abr. 1960. (Nota 16).
20. FUJIMOTO, C.K. & SHERMAN, G.D. Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Science, Baltimore, 66:131-45, July/Dec. 1948.
21. GADDE, R.R. & LAITINEN, H.A. Studies of heavy metal adsorption by hydrous iron and manganese oxides. Analytical Chemistry, Washington, 46(13):2022-6, Nov. 1974.
22. GALLEGO, R. & LABORDA, E. Estudios sobre distribución del hierro en suelos y su relación con otros factores. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal, Madrid, 18:547-82, 1959.
23. GARGANTINI, H. Efeito da calagem no pH e nos teores de cálcio mais magnésio e alumínio em perfis de solos de cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1972. 78 p. (Tese de Doutorado).
24. GUPTA, A.P. & KANWAR, B.S. Residual efficiency of different phosphatic fertilizers in relation to water-soluble P content in different soils. Indian Journal of Agricultural Sciences, New Delhi, 42(2):123-6, Feb. 1972.

25. HEMWALL, J.B. The fixation of phosphorus by soils. Advances in Agronomy, New York, 9:95-112, 1957.
26. HODGSON, J.F.; GEERING, H.R. & NORVELL, W.A. Micronutrient cation complexes in soil solution: partition between complexed and uncomplexed forms by solvent extraction. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29(6):665-9, Nov./Dec. 1965.
27. _____; LINDSAY, W.L. & TRIERWELLER, J.F. Micronutrient cation complexing in soil solution; II complexing of zinc and cooper in displaced solution from calcareous soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 30(6):723-6, Nov./Dec. 1966.
28. INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Aproveitamento atual e potencial dos cerrados; base física e potencialidade da região. Brasília, 1973. v.1, 196 p. (Série Estudos para o planejamento, 2).
29. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
30. _____ & SHERMAN, G.D. Chemical weathering of minerals, in soils. Advances in Agronomy, New York, 5:219-318, 1953.
31. JACOMINE, P.K.T. Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 126 p. (Boletim Técnico, 11).

32. JONES, H.W.; GALL, O.E. & BARNETTE, R.M. The reaction of zinc sulfate with the soil. Gainesville, Florida Agricultural Experiment Station, 1936. 20 p. (Bulletin, 298).
33. JURINAK, J.J. & THORNE, D.W. Zinc solubility under alkaline conditions in a zinc-bentonite system. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 19(4):446-8, Oct. 1955.
34. KAILA, A. Effective cation-exchange capacity in Finnish mineral soils. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, 43(3):178-86, 1971. In: SOILS AND FERTILIZERS, Bucks, 35(2):115, abst. 915, 1972.
35. KRAUSE, H.H. Effect of pH on leaching losses of potassium applied to forest nursery soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29(5):613-5, Sept./Oct. 1965.
36. LARSON, W.E. et alii. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn; II. organic carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur. Agronomy Journal, Madison, 64(2):204-8, Mar./Apr. 1972.
37. LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em latossolos sob vegetação de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronomia, Rio de Janeiro, 8(7):81-8, 1973.
38. LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. Advances in Agronomy, New York, 24:147-86, 1972.

39. LOPES, A.S. Fertilidade do solo. Lavras, ESAL, s.d. 243 p. (Apostila).
40. _____. A survey of the fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138 p. (Thesis MS).
41. LUND, Z.F. & DOSS, B.D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. Agronomy Journal, Madison, 72(1):123-30, Jan./Feb. 1980.
42. MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528 p.
43. MASCARENHAS, H.A.A. Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta. s.l., Fundação Cargill, 1977. 95 p.
44. _____ et alii. Adubação mineral do feijoeiro; XII - efeitos da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo latossolo vermelho amarelo do vale do ribeira. Bragantia, Campinas, 28(7):71-83, mar. 1969.
45. MEDEIROS, L.A.R. Caracterização e gênese de solos derivados de calcário e de sedimentos terciários da região da Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1977. 107 p. (Tese MS).
46. MELLO, F.A.F. et alii. Fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ, s.d. v.2, 197 p. (Apostila).
47. MITCHELL, R.L. Trace elements in soils. In: BEAR, F.E. Chemistry of the soil. New York, Reinhold, 1964. p. 320-66.

48. MOSCHLER, W.W. et alii. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. Agronomy Journal, Madison, 64(2):229-31, Mar./Apr. 1972.
49. NELSON, J.L. & MELSTED, S.W. The chemistry of zinc added to soils and clays. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 19(4):439-43, Oct. 1955.
50. PEARSON, R.W.; ABRUÑA, F. & VICENTE-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. Soil Science, Baltimore, 93(2):77-82, Feb. 1962.
51. PEECH, M. Availability of ions in light sandy soils as affected by soil reaction. Soil Science, Baltimore, 51:473-86, 1941.
52. PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo; agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 1980. 541 p.
53. RANZANI, G. Solo do cerrado. In: SIMPÓSIO sobre o cerrado. São Paulo, USP, 1963. p. 51-92.
54. REDDY, M.R. & PERKINS, H.F. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38(2): 229-31, Mar./Apr. 1974.
55. RELATÓRIO técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1976-1977. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1978. 184 p.
56. RELATÓRIO técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1978-1979. Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1980. 172 p.

57. RIXON, A.J. Differential effect of pasture species on the pH and cation exchange capacity of a subsequently cultivated soil. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 74(3):453-6, June 1970.
58. SAEED, M. & FOX, R.L. Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, 43(4):683-6, July/Aug. 1979.
59. SANCHEZ, C. & KAMPRATH, E.J. Effect of liming and organic matter content on the availability of native and applied manganese. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23(4):302-4, July/Aug. 1959.
60. SAWHNEY, B.L. Change characteristics of soils as affected by phosphate sorption. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38(1):159-60, Jan./Feb. 1974.
61. SHARMA, K.N. & MEELU, O.P. Effect of long term application of P, K and farmyard manure on the zinc content of soil. Journal of the Indian Society of Soil Science, New Delhi, 23(1):76-82, 1975.
62. SHUMAN, L.M. Adsorption of Zn by Fe and Al hydrous oxides as influenced by aging and pH. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41(4):703-6, July/Aug. 1977.
63. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.

64. SWAINE, D.J. & MITCHELL, R.L. Trace element distribution in soil profiles. The Journal of Soil Science, Oxford, 11(2): 347-69, 1960.
65. TAMIMI, Y.N.; UCHIDA, R.S. & MATSUYAMA, D.T. The importance of the pH dependency of charge in tropical soil on crop fertilizer management. In: Proceedings: Planning and Organization Meeting, Fertilizer I.N.P.U.T.S. (Increasing Productivity under Tight Supplies) Project. Honolulu, Hawaii, USA, East-West Food Institute, East-West Center 1975. 81-90. In: SOILS AND FERTILIZERS, Bucks, 39(3):153, abst. 1704, 1976.
66. THIND, G.S.; MEELU, O.P. & SHARMA, K.N. Effect of crop rotations on soil fertility. Indian Journal of Agricultural Sciences, New Delhi, 49(4):276-80, Apr. 1979.
67. THORNE, D.W. Zinc deficiency and its control. Advances in Agronomy, New York, 9:31-65, 1957.
68. TRIPLETT, JR., G.B. & VAN DOREN, JR., D.M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. Agronomy Journal, Madison, 61(4):637-9, July/Aug. 1969.
69. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).
70. VITTI, G.C. et alii. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um latossolo vermelho amarelo fase arenosa (L Va). Científica, Jaboticabal, 7(3):431-5, 1979.

APÊNDICES

APÉNDICE I

QUADRO 21 - Resumo das análises de variâncias relativas a pH em H₂O, matéria orgânica (M.O), alumínio trocável (Al) e hidrogênio + alumínio trocáveis (H + Al).

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH em H ₂ O	M.O.	Al	H + Al
Sist. de Cultivo	3	5,4382**	0,6859**	0,4958**	43,8433**
Profundidades	6	0,1933	8,9412**	0,0902**	14,2911**
Sist.Cult. x Prof.	18	0,2307*	0,0910	0,0321**	4,1920**
Resíduo	56	0,1064	0,0449	0,0028	0,9422
C.V. %		6,11	9,21	22,17	14,04

* Significância ao nível de 5%

** Significância ao nível de 1%

QUADRO 22 - Resumo das análises de variâncias relativas a cálcio mais magnésio (Ca + Mg), potássio (K) e ferro (Fe).

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Ca + Mg	K	Fe
Sist. de Cultivo	3	6,0614**	0,0078**	5191,6000**
Profundidades	6	38,4599**	0,0036**	692,9173**
Sist.Cult. x Prof.	18	3,3284**	0,0005**	125,9984
Resíduo	56	0,0255	0,0001	71,3474
C.V. %		13,08	23,96	14,76

* Significância ao nível de 5%

** Significância ao nível de 1%

QUADRO 23 - Resumo das análises de variâncias relativas a manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn).

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Mn	Cu	Zn
Sist. de Cultivo	3	636,2416**	0,0628*	3,2998**
Profundidades	6	241,6663**	0,4750**	2,1904**
Sist.Cult. x Prof.	18	19,7979**	0,0182	0,4637**
Resíduo	56	1,6236	0,0235	0,0135
C.V. %		15,29	15,92	17,28

* Significância ao nível de 5%

** Significância ao nível de 1%

QUADRO 24 - Resumo das análises de variâncias relativas à Fósforo disponível (P) capacidade de troca de cátions total do solo "T" e percentagem de saturação de bases (V%).

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		P	"T"	V%
Sist. de Cultivo	3	11,6402**	40,9637**	396,8804**
Profundidades	6	9,4861**	38,3936**	3879,5970**
Sist.Cult. x Prof.	18	3,3965**	0,7189	325,3345**
Resíduo	56	0,5863	0,6881	2,6358
C.V. %		41,91	10,14	11,70

* Significância ao nível de 5%

** Significância ao nível de 1%

QUADRO 25 - Resumo das análises de variâncias relativas a percentagem de saturação de alumínio (m%), CTC efetiva e CTC a pH 7,0.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		m%	CTC efetiva	CTC a pH 7,0
Sist. de Cultivo	3	3195,2270**	36,1441**	43,0915**
Profundidades	6	26,3906	7,9303**	29,8936**
Sist.Cult. x Prof.	18	221,1019**	2,9580**	1,8442*
Resíduo	56	21,2889	0,1988	0,9039
C.V.%		17,47	29,60	11,57

* Significância ao nível de 5%

** Significância ao nível de 1%

QUADRO 26 - Desdobramento das interações sistema de cultivo dentro de profundidade, nos diferentes parâmetros químicos.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		pH H ₂ O	M.O.	Al	H + Al	Ca + Mg	K	Fe	
A : B1	3	1,2169**	0,1654	0,1724**	22,1601**	15,5341**	0,0037**	186,7754	
A : B2	3	1,3122**	0,2294	0,1950**	19,1754**	18,0492**	0,0014**	259,5059	
A : B3	3	1,6491**	0,0748	0,1611**	11,0496**	15,8668**	0,0016**	299,8711*	
A : B4	3	1,1874**	0,3506*	0,1113**	5,1947**	7,2161**	0,0014**	216,3184	
A : B5	3	0,4730**	0,0126	0,0258**	1,6477	1,5669**	0,0012**	241,7607	
A : B6	3	0,4585**	0,1026	0,0196**	3,6580*	0,1542**	0,0009**	135,4590	
A : B7	3	0,5253**	0,2967*	0,0033	6,1101**	0,0417	0,0002	109,2151	
Resíduo	56	0,1065	0,0949	0,0028	0,9422	0,0255	0,0001	71,3477	
C.V. %	6,11	9,21	22,17	14,04	13,08	23,96	14,76		

A = Sistema de cultivo

B = Profundidade. B1 = 0-5 cm, B2 = 5-10 cm, B3 = 10-15 cm, B4 = 15-20 cm, B5 = 20-40 cm, B6 = 40-60 cm, B7 = 60-80 cm.

QUADRO 27 - Desdobramento das interações sistema de cultivo dentro de profundidade , nos diferentes parâmetros químicos.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS									
		Mn	Cu	Zn	P	Valor "T"	V%	m³	CTC efetiva	CTC pH 7,0	
A : B1	3	132,0965**	0,1396**	2,9950**	20,9322**	9,8088**	1516,0060**	1308,4520**	14,0422**	8,3474**	
A : B2	3	215,2003**	0,0392	1,0279**	10,2872**	6,5001**	1809,3490**	1106,2080**	16,4338**	10,9567**	
A : B3	3	181,9119**	0,1061*	0,5489**	0,9167	5,0595**	1529,6150**	1070,5010**	14,3177**	9,6067**	
A : B4	3	99,6333**	0,0403	0,1611**	0,1667	7,3798**	714,7868**	734,6597**	6,9117**	14,7868**	
A : B5	3	78,9247**	0,0765	0,0558**	0,1875	4,3800**	212,6790**	88,5483**	1,8696**	5,7478**	
A : B6	3	36,8696**	0,0796	0,1060**	0,1875	5,1644**	20,9912**	119,0723**	0,2518	3,0256*	
A : B7	3	10,3924**	0,1030*	0,0777**	0,1875	6,9843**	28,1763**	94,3948**	0,0655	1,6856	
Resíduo	56	1,6236	0,0235	0,0135	0,5863	0,6881	2,6358	21,2889	0,1988	0,9039	
C.V. %		15,29	15,92	17,28	41,91	10,14	11,70	17,47	29,60	11,57	

A = Sistema de cultivo

B = Profundidades: B1 = 0-5 cm, B2 = 5-10 cm, B3 = 10-15 cm, B4 = 15-20 cm, B5 = 20-40 cm, B6 = 40-60 cm, B7 = 60-80 cm.

QUADRO 28 - Desdobramento das interações profundidade dentro de sistema de cultivo, nos diferentes parâmetros químicos.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		PH H ₂ O	M.O.	Al	H + Al	Ca + Mg	K	Fe
B : A1	6	0,0877	1,9862**	0,0149**	5,5453**	0,0028	0,0003	2233,8000**
B : A2	6	0,6698**	2,0669**	0,0099**	2,3284*	15,3141**	0,0028**	735,3984**
B : A3	6	0,0260	2,0002**	0,1321**	8,5928**	0,1544**	0,0017**	1458,5930**
B : A4	6	0,1019	3,1610**	0,0297**	10,4007**	0,5745**	0,0003	1141,7990**
Resíduo	56	0,1064	0,0949	0,0028	0,9422	0,0255	0,0001	71,3477
C.V.8		6,11	9,21	22,17	14,04	13,08	23,96	14,76

B = Profundidade

A = Sistema de cultivo. A1 = Testemunha, A2 = Soja x Trigo, A3 = Café, A4 = Pastagem.

QUADRO 29 - Desdobramento das interações profundidade dentro de sistema de cultivo, nos diferentes parâmetros químicos.

CV	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		Mn	Cu	Zn	P	Valor "r"	V%	m%	CTC efetiva	CTC pH 7,0
B : A1	6	17,9123**	0,0308	0,0032	0,0198	5,7957**	0,7123	153,4487**	0,0345	3,7530**
B : A2	6	119,8623**	0,0660	1,1987**	12,6194	9,3664**	1320,8420**	263,7403**	15,3864**	11,8911**
B : A3	6	35,4446**	0,0107	1,8895**	0,1667	10,9801**	7,1499	157,3877**	0,5827*	9,1533,**
B : A4	6	127,8408**	0,0100	1,5973**	10,5238	14,4081**	44,1796**	115,1184**	0,9007**	10,6286**
Resíduo	56	1,6236	0,0235	0,0135	0,5863	0,6881	2,6358	21,2889	0,1988	0,9039
C.V. %		15,29	15,92	17,28	41,91	10,14	11,70	17,47	29,60	11,57

B = Profundidade

A = Sistema de cultivo. A1 = Testemunha, A2 = Soja x Trigo, A3 = Café, A4 = Pastagem.

APÉNDICE II

QUADRO 30 - Análise mecânica expressa em % de T.F.S.E., unidade gravimétrica retida pelo solo, densidade do solo e de partículas e volume total de poros.

Profundidade -cm-	Distribuição Granulométrica				Relação Silte/ Argila	Grau de Floculação (%)	Umidade retida 1/3 atm. (%)	Gravimétrica à 15 atm. (%)	Densidade de partí- culas. (g/cm ³)	Densidade do solo (g/cm ³)	VTP (%)
	Areia 2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002mm	Argila H ₂ O							
0 - 5	32,80	10,60	56,60	5,40	0,19	90,46	29,90	24,80	2,83	1,01	64,31
5 - 10	28,30	6,10	65,60	5,20	0,09	92,07	28,50	24,80	2,81	1,03	63,34
10 - 15	19,50	5,90	74,60	4,05	0,08	94,57	27,70	24,90	2,79	1,02	63,44
15 - 20	18,30	5,10	76,60	4,10	0,07	94,65	27,70	25,20	2,84	0,99	65,14
20 - 40	11,30	5,10	83,00	3,70	0,06	95,54	28,10	25,40	2,83	1,01	64,31
40 - 60	11,50	4,90	83,60	3,50	0,06	95,81	28,70	25,40	2,78	1,03	62,95
60 - 80	10,70	4,70	84,60	2,50	0,06	97,04	28,30	25,30	2,79	1,03	63,08

APENDICE III

ANÁLISE QUALITATIVA

Os difratogramas da fração argila dos horizontes selecionados (Figura 28 e 29), mostram a predominância de caulinita, (7,19 Å - 3,59 Å) e gibsita (4,84 Å - 4,39 Å) entre outros minerais.

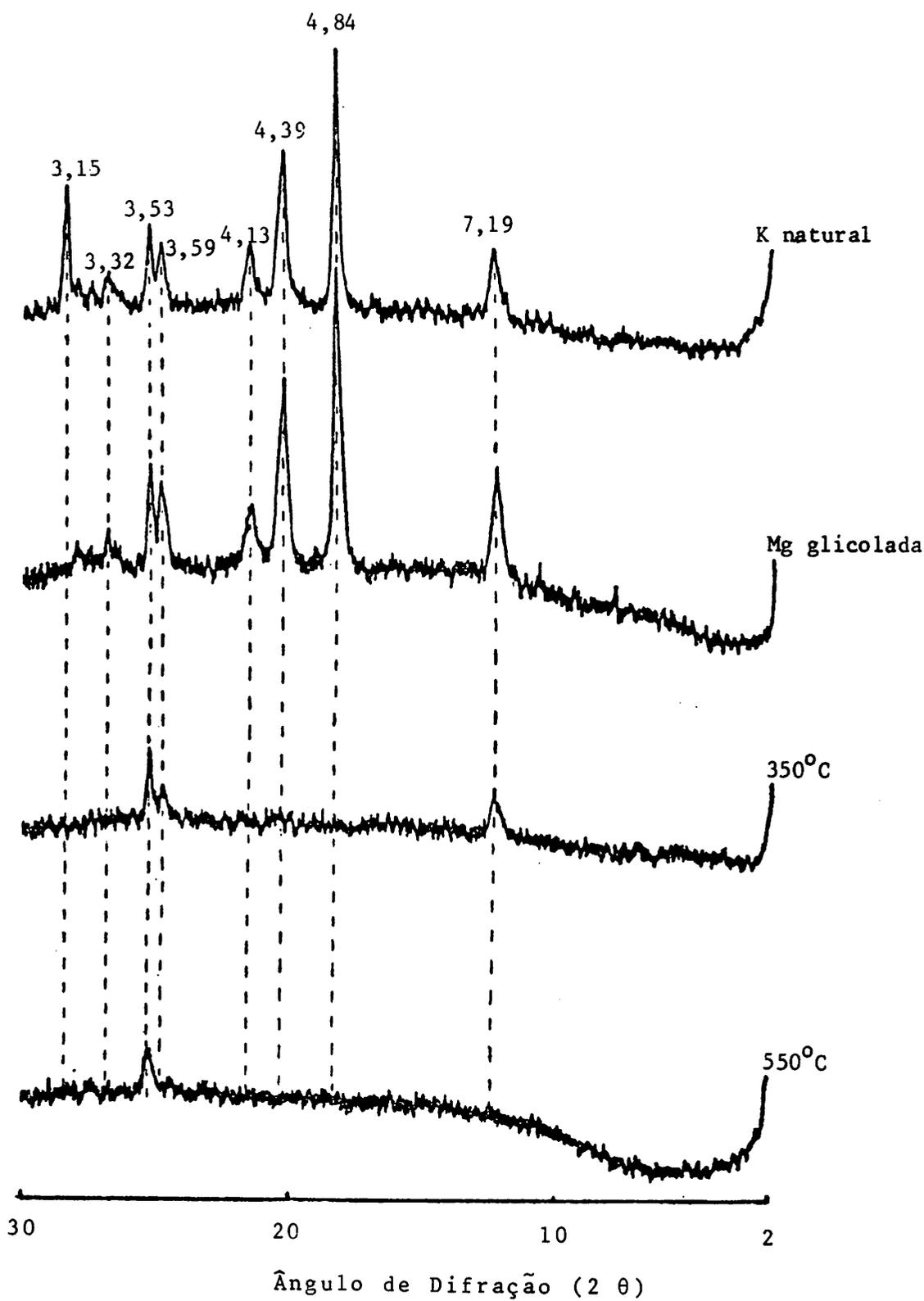


FIGURA 28 - Difratoograma da fração argila, horizonte A₁.

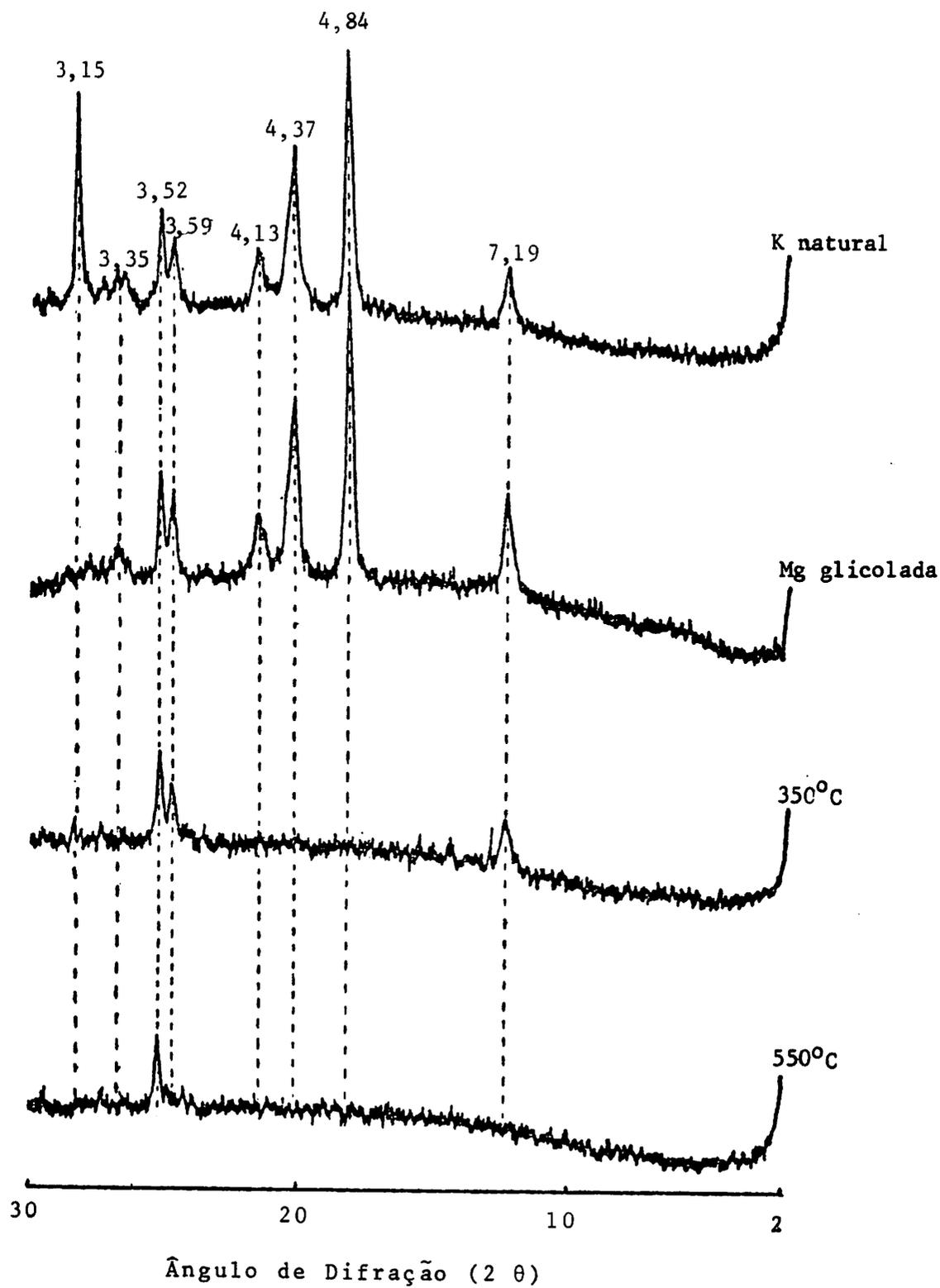


FIGURA 29 - Difratoograma da fração argila, horizonte B₂₁.

APENDICE IV

DESCRIÇÃO DO PERFIL⁽¹⁾

- Unidade Taxonômica: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.
- Localização: município de Rio Paranaíba, ao longo da BR-354, km 97, sentido São Gotardo - Patos de Minas, entrando 2 km à direita.
- Situação e Declive: trincheira numa chapada com 1,5% de declive.
- Relevo: plano.
- Altitude: 1.142 metros.
- Material de Origem: sedimentos argilosos.
- Erosão: laminar ligeira.
- Drenagem: bem drenado.
- Vegetação: campo cerrado.
- Uso Atual: pastagem natural e culturas de soja e trigo.

A₁ 0 - 16 cm; bruno (7,5YR 5/4, úmido); bruno escuro (7,5YR 4/4, úmido amassado); bruno forte (7,5YR 5/6, seco); muito argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares que se desfazem em grânulos; porosos; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plásticos e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

A₃ 16 - 28 cm; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); bruno avermelhado (5YR 5/4, úmido amassado); bruno forte (7,5YR 5/8, seco); mui

(1) Fonte: ~~CARMO~~ (14).

to argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares que se desfazem em grânulos; poroso; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

B₁ 28 - 52 cm; vermelho amarelado (5YR 4/8, úmido); vermelho amarelado (5YR 5/6, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; muito poroso; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B₂₁ 52 - 92 cm; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); amarelo avermelhado (5YR 6/8, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; muito poroso; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.

B₂₂ 92 - 122 cm; vermelho amarelo (5YR 5/6, úmido), vermelho amarelado (5YR 5/8, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; muito poroso; ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.

B₂₃ 122 - 155 cm; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); amarelo avermelhado (5YR 6/8, seco); muito argiloso; aspecto de maciça porosa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; poroso; muito duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.

B₂₄ 155 - 200 cm +; vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido); vermelho amarelado (5YR 5/8, seco); muito argiloso; aspecto de maciça poro

sa "in situ" que se desfaz em forte muito pequena granular; pouco poroso; muito duro, firme, plástico e ligeiramente pegajoso.

- Raízes: comuns no A₁ e A₃; poucas a comuns no B₁ e B₂₁; poucas no B₂₂ e B₂₃; raras no B₂₄.

- Observações: presença de nódulos argilosos de forma esférica, com diâmetro em torno de 1 cm, nos horizontes B₂₃ e B₂₄. O matiz destes nódulos é amarelo brunado (10YR 6/6).

APÊNDICE V

QUADRO 31 - Análise química "total" do solo⁽¹⁾.

Horizonte	Ataque por H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)					Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
	Si O ₂	Al ₂ O ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅			
A ₁	6,52	29,58	16,50	0,91	0,09	0,37	0,28	2,81
A ₃	5,92	29,83	16,50	0,75	0,07	0,34	0,25	2,84
B ₁	3,44	29,32	15,17	0,71	0,09	0,20	0,15	3,03
B ₂₁	5,76	29,07	15,17	1,26	0,09	0,34	0,25	3,00
B ₂₂	5,40	29,07	15,57	0,82	0,07	0,32	0,24	2,93
B ₂₃	6,88	28,56	15,37	1,16	0,07	0,41	0,30	2,92
B ₂₄	4,38	29,36	15,57	0,66	0,07	0,25	0,19	2,96

(1) Fonte: CARMO (14).

