

CARLOS ALBERTO FRANCO TUCCI

**EFEITO DE CORRETIVO, MATÉRIA ORGÂNICA E TEMPO DE INCUBAÇÃO
NA CAPACIDADE DE TROCA DE CATÍONS EM SOLOS
SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO.**

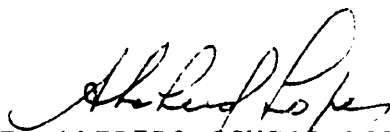
Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras para
obtenção do grau de MESTRE em
Agronomia, na área de Concentração
de "Solos e Nutrição de Plantas".

LAVRAS

1 9 8 1

EFEITO DE CORRETIVO, MATÉRIA ORGÂNICA E TEMPO DE INCUBAÇÃO, NA CAPA
CIDADE DE TROCA DE CATÍONS EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO.

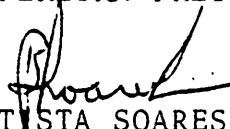
APROVADA :



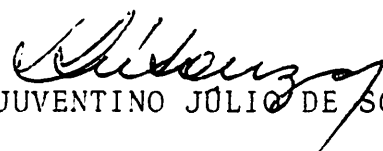
PROF. ALFREDO SCHEID LOPES
Orientador



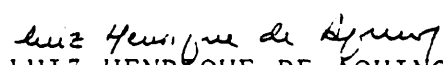
PROF. JANDER PEREIRA FREIRE



PROF. JOÃO BATISTA SOARES DA SILVA



PROF. JUVENTINO JÚLIO DE SOUZA



PROF. LUIZ HENRIQUE DE AQUINO

Aos meus pais, Antônio e Terezinha, pelo amor e dedicação,
ã minha esposa Rosilene e ao meu filho Breno e aqueles
que ainda virão, pelo amor e carinho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus sinceros agradecimentos:

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) através de seus professores e dirigentes, pela orientação e ensinamentos ministrados.

Ao Departamento de Ciência do Solo (DCS) da ESAL, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos durante a realização do curso.

Ao professor Alfredo Scheid Lopes, pela orientação, incentivo e apoio.

Aos professores Hércio Andrade, Janice Guedes Carvalho, Jeziel Cardoso Freire, Jander Pereira Freire, João Batista Soares da Silva, Victor Gonçalves Bahia, José Geraldo de Andrade, Sarasvate Hostalácio e Dorval Botelho dos Santos pelos ensinamentos ministrados durante a realização do Curso.

Ao professor Juventino Júlio de Souza pelos ensinamentos e pela classificação dos solos.

Ao professor Luiz Henrique de Aquino pelos ensinamentos e pela orientação estatística.

Aos professores José Vitor Silveira e Paulo César Lima pelo auxílio no processamento de dados.

Aos funcionários do Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL, em especial a Ana Maria Alvarenga e Luiz Carlos da Silva pelo auxílio nas análises químicas e físicas realizadas.

Aos funcionários do Centro de Processamento de Dados e da Biblioteca Central da ESAL, pela colaboração prestada.

Aos amigos Helton Hugo Luz Teixeira, Amantino Martins Nicoli, Eduardo Meneguel Rando, Geraldo Cesar Rocha, José Unaldo Barbosa Silva e esposa, Antenor Francisco de Figueiredo, José Pires Lemos Filho, Bento Avelar de Almeida, Valdemar Faquim e esposa, José Luna Rondón e esposa e Moacir de Souza Dias Júnior pelo companheirismo leal.

Aos colegas de turma Adilson Caten, Vilma da Silva, José Marcelo Grillo, Luiz Tarcísio Salgado, Sônia Maria Botelho e Helena Maria Ramos Alves, pela amizade e convivência durante o curso.

Ao casal Neuza e Renato Guimarães Leite, Sandra Andrade Leite e Adriana Franco Tucci pelo apoio.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente, na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

CARLOS ALBERTO FRANCO TUCCI, filho de Antônio Tucci e Terezinha Franco Tucci, nasceu em Lambari, Estado de Minas Gerais aos 30 de outubro de 1954.

Concluiu o primeiro grau, no Colégio Estadual Duque de Caxias e o segundo grau no Instituto de Educação Caetano de Campos, ambos em São Paulo (SP) em 1973. Em 1974 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras, tendo graduado em Engenharia Agrônômica em 1978.

Em 1979 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração de Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Iniciou suas atividades profissionais como Professor Auxiliar na área de Solos na Faculdade de Ciências Agrárias de Alfenas em janeiro de 1981.

SUMÁRIO

	página
1. INTRODUÇÃO	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA	3.
3. MATERIAL E MÉTODOS	21.
3.1. Aspectos gerais	21.
3.1.1. Localização da amostragem	21.
3.1.2. Características químicas, físicas e mineralógi - cas das amostras	21.
3.2. Procedimento experimental	24.
3.2.1. Delineamento	24.
3.2.2. Tratamentos	25.
3.2.3. Condução do experimento	26.
3.3. Características químicas avaliadas	27.
3.4. Análise estatística	27.
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28.
4.1. "CTC efetiva"	28.
4.1.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm)..	28.
4.1.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa(LVa)	35.

4.1.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa(LEa)...	41.
4.2. CTC a pH 7,0	47.
4.2.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm).....	47.
4.2.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa(LVa)..	52.
4.2.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa(LEa)...	59.
4.3. Contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0	64.
4.3.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm).....	64.
4.3.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (LVa).	65.
4.3.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa(LEa)...	66.
5. CONCLUSÕES	68.
6. RESUMO.....	70.
7. SUMMARY	72.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74.
APÊNDICE I	80.
APÊNDICE II	96.
APÊNDICE III.....	103.

LISTA DE QUADROS

Quadro		página
1	Capacidade de troca de cátions de alguns tipos de minerais de argila e da matéria orgânica, FASSBENDER ¹¹ .	5.
2	Aumento da carga elétrica da matéria orgânica com o período de incubação, BRAGA ³	11.
3	Valor "T" e percentagem de ocorrência em solos sob cerrado, RANZANI ²⁷	13.
4	Valor "T" devido a matéria orgânica do solo. RANZANI ²⁷ .	14.
5	Valor "T" devido a colóides minerais, RANZANI ²⁷	16.
6	Análises químicas das amostras.....	22.
7	Análises físicas das amostras	23.
8	Composição mineralógica percentual da fração argila na camada de 0 - 20 cm.....	24.
9	Análise química do esterco de curral	25.

Quadro

página

10	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e matéria orgânica para o LEm (médias para os tempos de incubação)	29.
11	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempos de incubação no LEm (média para as doses de corretivo)	33.
12	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivos e matéria orgânica, no LVa (médias para os tempos de incubação).....	35.
13	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempo de incubação, no LVa (médias para as doses de corretivo).....	39.
14	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e matéria orgânica, no LEa (médias para os tempos de incubação)	41.
15	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e tempo de incubação, no LEa (médias para as doses de matéria orgânica)	45.
16	"CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempo de incubação, no LVa (médias para as doses de corretivo).....	46.
17	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEm, incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	50.

Quadro		página
18	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEm, em função dos tempos de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica)	50.
19	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, incubado com corretivo (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação)	54.
20	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	54.
21	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, em função do tempo de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica)	57.
22	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEa, incubado com corretivo (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação)	59.
23	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	61.
24	CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEa, em função do tempo de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).....	61.
25	Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0 no LEm.....	65.

Quadro

página

26	Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0 no LVa.....	66.
27	Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0 no LEa.....	67.
28	Características químicas do LEm em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.	81.
29	Características químicas do LVa em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.	86.
30	Características químicas do LEa em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.	91.
31	Resumo da análise de variância da "CTC efetiva" , para o LEm, LVa e LEa.....	97.
32	Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o LEm, LVa e LEa, mostrando o desdobramento da interação "corretiva dentro de matéria orgânica"...	98.
33	Resumo da análise de variância da "CTC efetiva" , para o LEm, LVa e LEa, mostrando o desdobramento da interação "matéria orgânica dentro de corretivo"...	99.
34	Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o LEm, LVa e LEa, mostrando o desdobramento da interação "matéria orgânica dentro do tempo de incubação".....	100.
35	Resumo da análise de variância da "CTC efetiva" , para o LEa, mostrando o desdobramento da interação	

Quadro

página

"corretivos dentro dos tempos de incubação"..... 101.

36 Resumo da análise de variância da CTC a pH 7,0 para o
LEm, LVa e LEa..... 102.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		página
1	Relação entre CTC devida à matéria orgânica, argila e ao pH do meio adaptado de HELLING, CHESTERS & CORREY ¹⁶	7.
2	Relação entre o pH dos solos e CTC da matéria orgânica em horizontes superficiais, adaptado de VAN RAIJ ³⁴	8.
3	CTC efetiva em função do nível de matéria orgânica em várias faixas de pH adaptado de LOPES ²⁴	15.
4	Relação entre CTC efetiva e cargas líquidas negativas na camada 0-20 cm em solos superficiais sob cerrado, adaptado de LOPES ²⁴	17.
5	Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LEm (médias para os tempos de incubação)	31.

FIGURA

página

6	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo, para o LEm (médias para os tempos de incubação).....	32.
7	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva" em três tempos de incubação, para o LEm (médias para as doses de corretivo)	34.
8	Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LVa (médias para os tempos de incubação)	37.
9	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo para o LVa (médias para os tempos de incubação)	38.
10	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em três tempos de incubação, para o LVa (médias para as doses de corretivo)	40.
11	Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LEa (médias para os tempos de incubação).....	43.
12	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo, para o LEa (médias para os tempos de incubação)	44.
13	Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em três tempos de incubação, para o LEa (médias para as doses de matéria orgânica)	48.

FIGURA

página

14	Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva, em três tempos de incubação, para o LEa (médias para as doses de corretivo)	49.
15	Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LEm (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	51.
16	Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LEm (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica)	53.
17	Efeitos das doses de corretivo na CTC a pH 7,0 , para o LVa (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação)	55.
18	Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LVa (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	56.
19	Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LVa (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica)	58.
20	Efeito das doses de corretivo na CTC a pH 7,0 , para o LEa (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação).....	60.
21	Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LEa (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação)	62.

FIGURA

página

22	Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LEa (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica)	63.
23	Difratogramas da fração argila na camada de 0-20cm do LEm	104.
24	Difratogramas da fração argila na camada de 0-20cm do LVa.....	105.
25	Difratogramas da fração argila na camada de 0-20cm do LEa.....	106.

1. INTRODUÇÃO

Desde 1850, após os trabalhos de Thompson e Way, estudos da capacidade de troca de cátions (CTC) têm despertado o interesse dos cientistas de solos. Este interesse foi tanto que muitos pesquisadores chegaram a admitir que a reação de troca catiônica é a segunda em importância na natureza, superada somente pelo processo de fotossíntese das plantas verdes, segundo HARA (15).

Esta propriedade do solo pode ser atribuída a dois tipos de cargas: cargas permanentes, que não variam com o pH da solução do solo e cargas dependentes, que aumentam com a elevação do pH, segundo JACKSON (18).

A fertilidade do solo correlaciona-se com a CTC. Todavia, esta propriedade não é constante, variando de acordo com o estado, natureza e conteúdo do material coloidal, assim como com a reação do solo.

Pode-se observar na literatura que a CTC é determinada a pH 7,0 e a pH 8,2, pelos métodos do acetato de amônio e do cloreto

de bário-trietanolamina, respectivamente, segundo SANCHEZ (29). GILLMAN & UEHARA (13) citam o método da extração com um sal neutro não tamponado a pH natural do solo (CTC efetiva), como um método adequado para solos com cargas variáveis com o pH.

De acordo com vários pesquisadores, a baixa fertilidade dos solos sob vegetação de cerrado, os quais ocupam uma área de 1,5 a 2,0 milhões de km², cerca de 20 a 25% da área do território brasileiro, correlaciona-se com várias de suas propriedades, e entre elas a baixa CTC efetiva. Têm-se observado estudos que visam a apresentar soluções práticas para resolver muitos problemas devidos às propriedades desses solos. Entretanto, pouca referência é feita com relação à possibilidade de se aumentar a CTC desses solos, através de práticas de manejo, com todos os seus benefícios diretos e indiretos.

O presente trabalho teve por objetivos :

- a) Avaliar os efeitos de doses de corretivos, matéria orgânica e tempo de incubação na "CTC efetiva" e na CTC a pH 7,0, em amostras superficiais de solos sob cerrado.
- b) Estudar combinações de doses de corretivos e de matéria orgânica, para se obter uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g.
- c) Verificar qual a contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A CTC foi primeiramente detectada há mais de um século , quando uma solução de sulfato de amônio foi passada por uma coluna de solo, observando-se que o líquido percolado inicialmente continha mais sulfato de cálcio do que sulfato de amônio. Quando sulfato de potássio foi igualmente adicionado, o percolado também continha sulfato de cálcio e não sulfato de potássio. Em ambos os casos os cátions das soluções adicionadas eram trocados com cálcio do solo , segundo ALLISON (1).

No início do século XX, os cientistas de solo começaram a explorar o fenômeno de troca de cátions em larga escala. Com o desenvolvimento de métodos quantitativos, a troca de cátions pode ser determinada, em amostra de solos, de todas as partes do mundo . Nesta época também generalizou-se esta determinação, em análise de rotina nos laboratórios de solos, segundo KELLEY (21).

* As frações mineral e orgânica do solo têm a capacidade de adsorver cátions e ânions da solução do solo. Elas podem também li-

berar esses íons para o solo e para as raízes das plantas, e uma espécie de íon pode substituir outra, dependendo de certas condições, como, por exemplo, concentração do íon ou mudanças de pH. Numerosas referências são feitas na literatura com respeito a CTC e CTA (capacidade de troca de aníons) de um solo, mas pode-se observar que muito mais é conhecido sobre CTC do que CTA, pois estudos de troca iônica desenvolveram-se mais em regiões onde há predominância de CTC.

A CTC é uma propriedade físico-química fundamental dos solos e indica a quantidade de íons positivos que o solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiométricas equivalentes de outros íons de mesmo sinal, segundo VAN RAIJ (34). É expressa em termos de equivalentes, ou, mais especificamente, miliequivalentes por 100 gramas de solo ou outro material. Expressa também a quantidade de cátions que podem neutralizar as cargas elétricas dos colóides do solo, segundo BUCKMAN & BRADY (5). Este fenômeno de troca é reversível, resultando disto um ponto de equilíbrio na reação, e, também, a velocidade de troca é instantânea, segundo BRAGA (3).

A CTC é uma função da intensidade de cargas negativas que se manifesta quase totalmente nas partículas dos minerais de argila, limo e da matéria orgânica. A intensidade destas cargas negativas depende do tipo e quantidade de partículas presentes e das condições de solução do solo que envolvem as partículas, segundo CAJUSTE (6). Valores de CTC de alguns minerais argilosos e da matéria orgânica são apresentados no quadro 1.

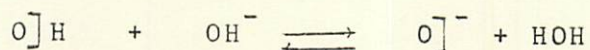
X Schofield, citado por WUTKE & CAMARGO (39) verificou que na faixa de pH de 2,5 a 6,0 não houve variação na CTC. No entanto, quando o pH variou de 6,0 para 7,0, a CTC de uma argila caulinítica aumentou de 4 para 10 mE/100 g do material. A partir deste trabalho estabeleceram-se os conceitos de cargas permanentes e cargas dependentes de pH. Pelo fato dos conceitos de cargas terem surgido no trabalho de Schofield, na faixa de pH 6,0 a 7,0, isto não invalida a possibilidade de que cargas permanentes e dependentes manifestam-se sempre nesta faixa de pH. PRATT (26) observou valores constantes de CTC para a faixa de pH 3,0 a 5,0 bem como aumentos na CTC a partir destes valores. Isto sugere o fato de que cargas dependentes de pH surgem a diferentes valores de pH, em função do material presente.

QUADRO 1 - Capacidade de troca de cátions de alguns tipos de minerais de argila e da matéria orgânica, FASSBENDER¹¹.

Mineral argiloso e Matéria orgânica	CTC (mE/100g)
Caulinita	3 - 5
Haloisita	5 - 10
Montmorilonita	80 - 120
Vermiculita	100 - 150
Glauconita	5 - 40
Ilita	20 - 50
Clorita	10 - 40
Alofanas	menos 100
Oxidos de Ferro amorfo	10 - 25
Matéria orgânica	100 - 250

As cargas elétricas negativas nos minerais de argila estão relacionadas com a substituição isomórfica e com a dissociação dos grupos OH. Nos minerais silicatados a principal fonte de cargas para a CTC provém de substituição isomórfica, segundo CAJUSTE (6). As cargas provenientes de substituição isomórfica são cargas permanentes. Nos minerais de argila do grupo da caulinita a possibilidade de substituição isomórfica é remota, e as cargas elétricas negativas neste grupo provêm do resultado do balanceamento das cargas internas da estrutura da argila. Assim a origem das cargas elétricas negativas deste grupo difere dos demais minerais de argila, dos quais elas provêm principalmente por substituição isomórfica.

As cargas elétricas da dissociação dos OH das argilas são também denominadas cargas das arestas. Segundo CAJUSTE (6), em teoria aceita-se que as lâminas dos silicatos têm dimensões infinitas no plano horizontal. Na realidade, nas terminações do cristal e nas arestas dos mesmos, existem íons oxigênio com cargas livres. O hidrogênio tem forte tendência a unir-se em forma de covalência com o oxigênio das arestas e formar um hidróxido. Quando há um aumento de pH os íons OH competem com o oxigênio das arestas pelo hidrogênio se o pH é suficientemente alto. Desta forma, o hidrogênio poderá ser deslocado do oxigênio das arestas, originando cargas negativas, conforme a equação seguinte :



Estes sítios de cargas negativas também atraem e retêm cátions em forma trocável. A dissociação do hidrogênio da aresta é uma verdadeira dissociação de ácidos fracos, de modo que a quantidade de

cargas das arestas variam com o pH. Estas cargas não aparecem em pH inferior a 6,0, segundo CAJUSTE (6). De acordo com esta observação, pode-se esperar que cargas de arestas praticamente não aparecem em solos sob cerrado, visto que estes, em condições naturais, na sua maioria apresentam um pH inferior a 6,0, segundo LOPES (25).

Um tipo similar de carga se encontra nos minerais de alofana, que é um silicato de alumínio hidratado amorfo. Sua natureza amorfa lhe confere uma grande superfície específica e também grande capacidade de troca de cátions, se o valor de pH é alto.

* Outra importante fonte de cargas negativas no solo é a matéria orgânica, cujas cargas estão diretamente relacionadas com o pH do meio e com a quantidade de carbono orgânico existente no solo.

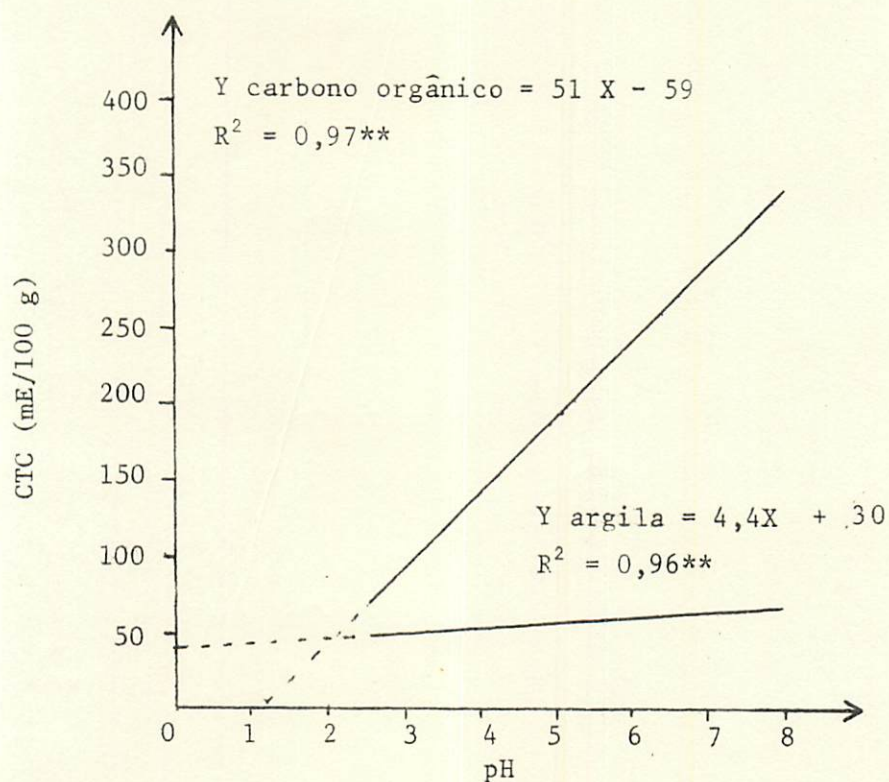


FIGURA 1 - Relação entre CTC devida à matéria orgânica, argila e ao pH do meio adaptado de HELLING, CHESTERS & CORREY¹⁶

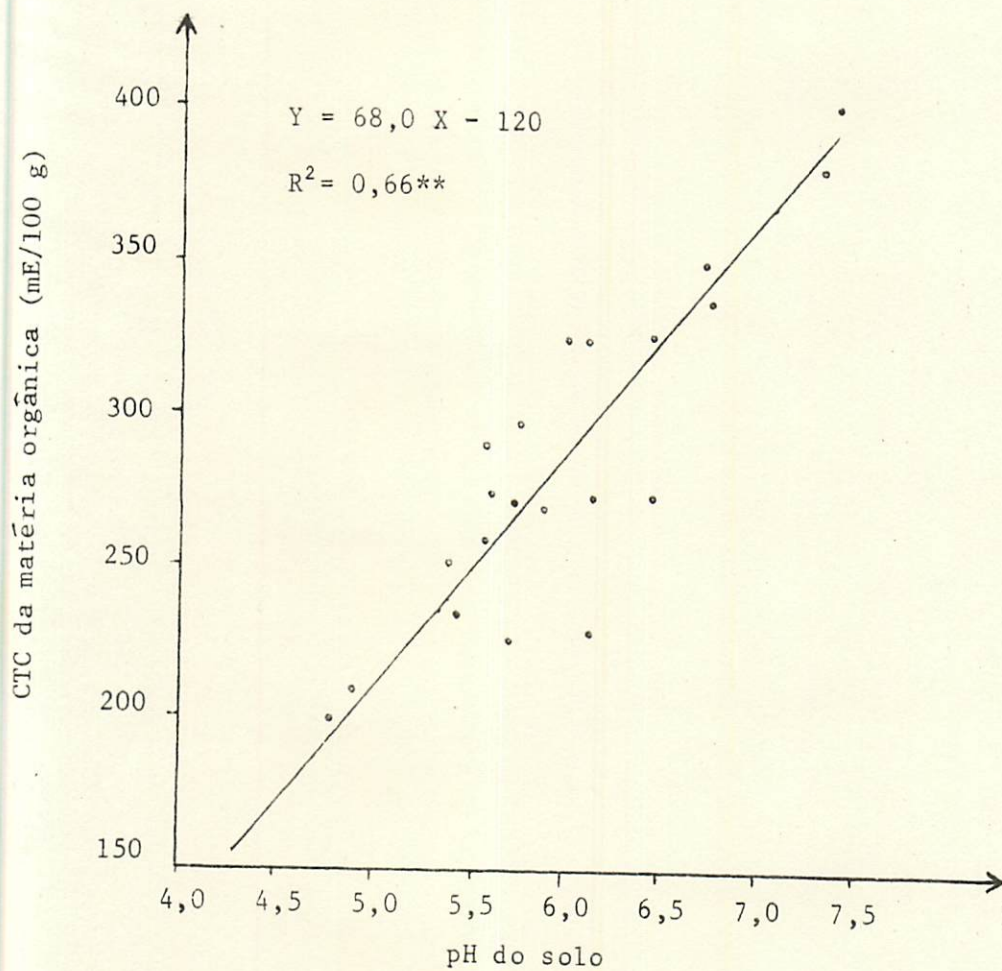


FIGURA 2 - Relação entre o pH dos solos e CTC da matéria orgânica em horizontes superficiais, adaptado de VAN RAIJ³⁴

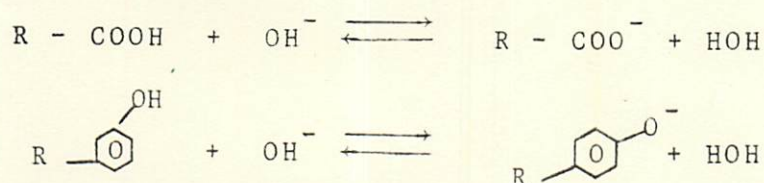
X De acordo com as figuras 1 e 2 a contribuição da matéria orgânica na CTC pode ser observada mesmo a baixos valores de pH, sendo praticamente linear o efeito de valores de pH no aumento da capacidade de troca de cátions desses solos.

X Segundo SANCHEZ (29), o conteúdo de matéria orgânica em solos da região tropical é similar àqueles de região temperada. Poder-se-ia então esperar valores altos de CTC para solos da região tropical, o que na realidade não ocorre. Frequentemente encontra-se na literatura o termo "solos de região tropical" referindo-se a um tipo de solo que predomina nos trópicos. Isto na realidade não ocorre; na região tropical encontram-se todas as 10 ordens de solos, apresentadas pela Soil Taxonomy. Segundo HOEFLICH et alii (17), a matéria orgânica é praticamente inerte na grande maioria desses solos. No caso de solos, sob vegetação de cerrado, o baixo valor de pH natural (média de pH = 5,0) tem sido mencionado como uma das possíveis causas da baixa eficiência da matéria orgânica no que diz respeito a baixa CTC, segundo LOPES (25).

X Segundo BRAGA (3), na matéria orgânica a dissociação no grupo OH, onde o H está em covalência poderá originar-se dos grupos carboxílicos, fenólicos, enólicos, imidas e iminas. De acordo com o mesmo autor, cerca de 54% das cargas são provenientes do grupo COOH; 36% dos grupos fenólicos, e apenas 10% do grupo NH. Entretanto, o autor não menciona a origem da matéria orgânica, nem sob quais valores de pH estas contribuições foram tomadas. Acredita-se que tais valores de contribuição citados por BRAGA (3) possam variar para os diferentes valores de pH do meio, e com origem, tipo e composição

da matéria orgânica. Não foram, entretanto, encontrados dados para se aceitar ou rejeitar esta hipótese.

Y Semelhante ao que acontece nos minerais de argila, sob certas condições os radicais orgânicos comportam-se como ácido fraco, e formam enlace covalente com as hidroxilas da solução. A valores altos de pH, um número de hidrogênio será liberado dos ácidos fracos e mais alto será o valor da CTC, conforme as equações seguintes :



Outro ponto da maior importância é que as cargas elétricas da matéria orgânica aumentam, à medida que é humificada. Este aumento nas cargas elétricas é devido a uma maior quantidade de componentes carboxílicos que se formam pela modificação da lignina . Os dados do quadro 2 mostram este efeito.

Segundo BUCKMAN & BRADY (5), existe uma correlação entre a textura e a CTC, a qual aumenta, em geral, com o aumento do teor de argila. Solos arenosos e barro-arenosos possuem um reduzido teor de argila coloidal e têm provavelmente deficiência de humus. * Num contraste marcante os solos mais pesados sempre têm mais elevado teor de argila e maior quantidade de matéria orgânica, que contribuem para que os mesmos apresentem maior CTC.

* Vários trabalhos foram realizados para se verificar a contribuição da fração mineral e da matéria orgânica na CTC dos solos,

em função do pH. HELLING, CHESTERS & CORREY (16) verificaram que à medida que o pH aumentava de 2,5 a 8,0, a CTC da matéria orgânica variava de 36 a 213 mE/100 g, e, da argila, de 38 a 64 mE/100 g, sendo que a contribuição da matéria orgânica, a pH 2,5, foi de 19%, e a pH 8,0, foi de 48% da CTC total.

QUADRO 2 - Aumento da carga elétrica da matéria orgânica com o período de incubação, BRAGA³.

Dias de incubação	Grupo Metoxílico %	Grupo Carboxílico %	CTC mE/100g
0	11,48	81	44
14	11,42	85	44
40	11,28	101	74
88	10,37	107	81
135	8,66	117	110
180	8,96	127	109
244	9,00	115	102
355	7,71	142	118
452	7,99	141	131

Em estudos de solos tropicais de Porto Ricó, Abruna-Rodriguez e Vicente-Chandler, citados por ALLISON (1) constatou-se que a CTC da matéria orgânica situava-se, usualmente, entre 100 e 150 mE/100 g e contribuía com cerca de 25% na CTC total. Quando a matéria orgânica foi removida do solo, apresentava uma CTC mais elevada. Também verificaram que a matéria orgânica, quando removida do solo,

apresentava-se mais resistente à oxidação, o que os levou a sugerir uma estreita associação desta com os colóides inorgânicos do solo .

*VERDADE (35), trabalhando com solos do Brasil conclui que nos argilosos a matéria orgânica representa de 30% a 40% da CTC total, e, em solos arenosos, de 50% a 60%. VAN RAIJ (34) verificou que a matéria orgânica contribui em média com 74% da CTC em amostras superficiais em alguns Podzólicos, Latossolos e Terra Roxa Extruturada do Estado de São Paulo, sendo esta contribuição de 58% a 47% da CTC nos horizontes A₂ e A₃ respectivamente.

Encontram-se na literatura vários trabalhos que mostram a contribuição da fração mineral e orgânica, na CTC dos solos, sendo que na maioria desses trabalhos os valores de CTC foram determinados a pH 7,0 e/ou 8,2 (10, 14, 15, 19, 21, 23, 26, 28, 34, 35, 38, 40); entretanto, poucos trabalhos fazem referência a CTC efetiva, entre eles encontram-se o de LOPES (25) e o de KAILA (20).

Alguns pesquisadores estabeleceram equações matemáticas para se obter o valor da CTC de um solo, levando-se em conta o teor de argila, limo e matéria orgânica. A equação obtida por KISHER & LASHIN (22) é a seguinte :

$$CTC(mE/100 g) = 0,15 \text{ limo} (\%) + 0,6 \text{ argila} (\%) + 3,0 \text{ mat.orgânica}(\%)$$

Por outro lado, a equação de LAVTI, GANDHI & PALIWAL (23) tem a seguinte expressão :

$$CTC (mE/100g) = 0,51 \text{ argila} (\%) + 4,12 \text{ matéria orgânica} (\%)$$

Nesta última equação os dados ajustam-se melhor do que quando se inclui o fator limo.

Segundo BUCKMAN & BRADY (5), os óxidos hidratados de ferro e alumínio apresentam uma CTC de 4 mE/100 g de material. Entretanto existe bastante controvérsia com relação a CTC destes óxidos. WUTKE & CAMARGO (39) e CHEN & WANG (7) verificaram que solos que possuíam maior quantidade destes elementos apresentavam uma CTC menor do que aqueles nos quais havia quantidade maior de cálcio na fração inorgânica. Pode-se deduzir que em solos de cerrado os óxidos de ferro e alumínio devem apresentar um papel importante, como fonte de cargas elétricas nestes mesmos solos.

X Alguns trabalhos de revisão de literatura têm sumarizado os solos sob cerrado com relação a classes de capacidade de troca. RANZANI (27) verificou que os solos sob cerrado poderiam ser divididos em 5 classes de acordo com o valor da CTC, (quadro 3). Estes valores de CTC foram obtidos somando-se as bases trocáveis com a acidez total do solo (que inclui $H^+ + Al^{3+}$) dando o valor "T". Segundo RANZANI (27), pode-se observar que a CTC destes solos é baixa (quadro 3). Isto pode ser devido à baixa atividade dos colóides orgânicos e minerais do solo, segundo HOEFLICH et alii (17).

QUADRO 3 - Valor "T" e percentagem de ocorrência em solos sob cerrado. RANZANI²⁷

"T" (mE/100 g)	Nº de Observações	%
< 2	57	39,5
2 - 4	55	38,2
4 - 6	22	15,3
6 - 8	6	4,2
8 - 10	4	2,8

* Estes resultados levaram RANZANI (27) a sugerir que em mais de 80% das observações feitas, a matéria orgânica contribuiu com menos de 4 mE/100 g na CTC destes solos (quadro 4). LOPES (25), em amostras de solo sob cerrado observou um valor mediano para a percentagem de matéria orgânica de 2,2% com uma amplitude de variação de 0,7 a 6%. Segundo o mesmo autor, apesar destes solos apresentarem na maioria das vezes valores médios e altos de matéria orgânica, que parecem ser a fração principal do solo envolvida em troca de cátions, os valores de CTC efetiva nestas amostras foram muito baixos (96,5% abaixo de 4 mE CTC efetiva/100 cm³). Dentre as possíveis explicações para a baixa efetividade da matéria orgânica sob estas condições, o que se reflete em valores extremamente baixos da CTC efetiva, o autor destaca o baixo valor do pH natural desses solos (pH 5,0).

QUADRO 4 - Valor "T" devido a matéria orgânica do solo. RANZANI²⁷

"T" (mE/100 g)	Nº de Observações	%
2	65	57,5
2 - 4	27	23,9
4 - 6	14	12,4
6 - 8	3	2,6
8 -10	2	1,8
10 -12	2	1,8

* Em valores baixos de pH os óxidos hidratados de ferro e alumínio, que são abundantes na fração argila dos solos altamente intemperizados, podem desenvolver cargas positivas, e isto sugere uma in-

teração entre efeitos de compostos orgânicos e inorgânicos nesses solos, com menos cargas negativas líquidas quando os dois componentes ocorrem juntos. Outra possível explicação deste comportamento dos compostos orgânicos nestes solos pode ser dada às condições edafobiótico climáticas, que ocorrem na área sob vegetação de cerrado, induzindo a menor formação de grupos funcionais efetivos no processo de troca iônica, segundo LOPES (25).

Em valores baixos de pH (menor que 5,0) há uma tendência para que a CTC efetiva diminua com o aumento da matéria orgânica. Em valores de pH, entre 5,0 e 5,5, há uma pequena tendência para que a CTC efetiva aumente com o aumento no teor de matéria orgânica. Amostras com pH acima de 5,5 apresentam um significativo aumento na CTC efetiva, com níveis mais altos de matéria orgânica (figura 3). Isto enfatiza a importância de uma faixa adequada de pH para maximização da eficiência da matéria orgânica no que diz respeito a formação de pontos de troca catiônica no complexo destes solos, segundo LOPES (25).

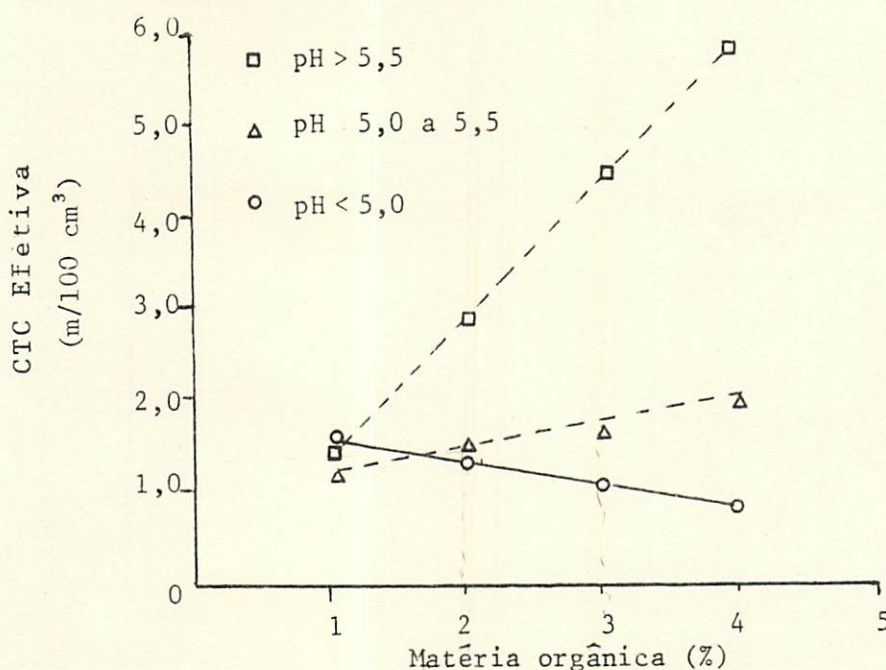


FIGURA 3 - CTC efetiva em função do nível de matéria orgânica em várias faixas de pH adaptado de LOPES²⁴

* Pode-se observar, pelos dados do quadro 5, que em aproximadamente 98% dos casos os colóides minerais contribuem com menos de 4 mE/100 g de solo para a CTC, e, segundo o mesmo autor, esta contribuição foi provavelmente devida mais às argilas sesquioxídicas do que às silicatadas.

QUADRO 5 - Valor "T" devido a colóides minerais, RANZANI²⁷

"T" (mE/100 g)	Nº de Observações	%
<2	70	80,5
2 - 4	15	17,3
4 - 6	1	1,1
6 - 8	0	0,0
8 -10	1	1,1

Segundo SANCHEZ (29), em solos da região tropical há predominância de argilo-mineral caulinita e também abundância de óxidos de ferro e alumínio, e alofana. As reações de troca de íons são intermediárias entre argilas silicatadas puras e sistema oxídico puro, sendo que um sistema misto provavelmente descreve de maneira mais adequada a maioria desses solos. Neste caso, o sistema contém quantidade mensurável de óxidos recobrendo as argilas silicatadas, as quais, entretanto, não estão totalmente recobertas. Essa cobertura das argilas silicatadas por óxidos, é algumas vezes uma fina camada monomolecular. A natureza dinâmica dessa cobertura fina implica em que ela, em um dado momento, pode cobrir completamente a superfície da argila silicatada, e, em outros momentos, ou em outras

áreas, tais superfícies podem estar expostas. Em consequência disto, as propriedades desse sistema são intermediárias entre os outros dois. Suas cargas permanentes são consideravelmente menores que as do sistema argilo-silicatado puro, porque algumas cargas negativas originadas da substituição isomórfica são balanceadas por cargas positivas líquidas dos óxidos. A cobertura pela camada de óxidos também impede a expansão e contração dos minerais 2:1, e, conseqüentemente, alteram drasticamente as suas propriedades físicas.

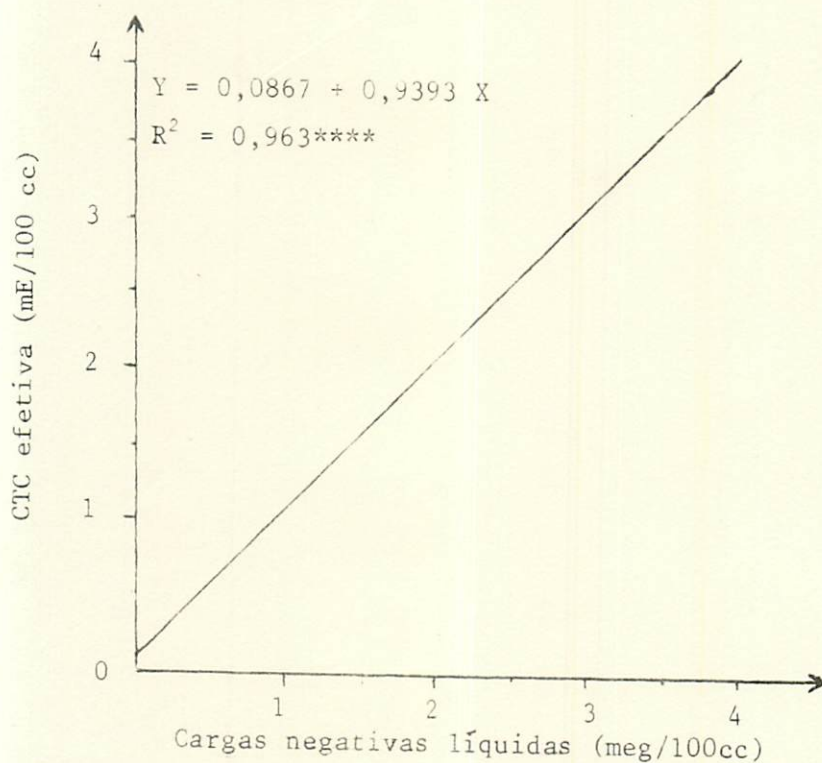


FIGURA 4 - Relação entre CTC efetiva e cargas líquidas negativas na camada de 0-20 cm em solos superficiais sob cerrado, adaptado de LOPES²⁴.

Segundo LOPES (24 e 25) os resultados expressos na figura 4 indicam que algumas das cargas negativas do complexo coloidal estão preferencialmente neutralizando as cargas positivas dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio associados à fração argila, e somen-

te as cargas negativas remanescentes são disponíveis para a troca de cátions.

A CTC dos solos é comumente determinada a pH 7,0 pelo método do acetato de amônio ou a pH 8,2 pelo método de BaCl_2 - trietanolamina. Os dados obtidos por estes métodos refletem adequadamente os valores de CTC para solos com pouca carga variável com o pH, segundo SANCHEZ (29) e GILLMAN & UEHARA (13). Segundo estes autores o método mais adequado para esses solos é o que se obtém pela extração com um sal neutro não tamponado, o qual é denominado por CTC efetiva. Como nos tratamentos utilizou-se corretivo, e este causou aumento no pH dos solos, a extração com um sal neutro não tamponado (KCl 1 N) foi aqui denominada de "CTC efetiva".

* LOPES (25) encontrou um valor mediano para a CTC efetiva de $1,1 \text{ mE}/100 \text{ cm}^3$, para os solos sob cerrado do Brasil. Buol, citado pelo mesmo autor, sugere o nível de $4 \text{ mE}/100 \text{ g}$ para uma CTC efetiva, como o limite abaixo do qual os solos são considerados de baixa CTC efetiva. Entretanto, no Brasil não existe ainda critério quantitativo definido para a interpretação da CTC efetiva. Sendo a CTC uma reação estequiométrica com esses valores de CTC efetiva, obtidos por LOPES (25), pode-se esperar que, quando se aplica fertilizantes que contenham cátions, em condições de miliequivalência superior ao dos solos, esses cátions estarão sujeitos a perdas por lixiviação.

× Práticas tais como, calagem, silicatagem, fosfatagem e adição de matéria orgânica têm mostrado um aumento de cargas elétricas negativas no solo. TAMIMI, UCHIDA & MATSUYAMA (33), trabalhando com solos tropicais, verificaram que quando o pH de uma camada arável

foi aumentado pela aplicação de CaCO_3 ou CaSiO_3 , observou-se um aumento substancial na capacidade de reter cátions, devido ao aumento na CTC. Segundo os autores maior CTC implica e uma maior adsorção de cátions, menores perdas por lixiviação e conseqüentemente maior eficiência do uso dos fertilizantes. KAILA (20) também aumentou a CTC efetiva com a aplicação de calcário.

Outra possibilidade de se aumentar a CTC de um solo é com aplicação de fósforo. SAWHNEY (30), trabalhando com solos de Connecticut, obteve um aumento linear na CTC com o aumento de fósforo adsorvido. A dose de fósforo requerido para aumentar a CTC em 1 mE/100 g de solo variou com o pH. A pH 5,0 foram necessárias 80 mg de fósforo enquanto a pH 7,5 a necessidade foi de apenas 40 mg. A pH 5,0 o aumento de CTC foi atribuído a mudança na coordenação octaedral das moléculas de H_2O , nas superfícies das argilas sesquioxídicas, entretanto o autor não menciona a causa do aumento a pH 7,5. SCHALSCHA, PRATT & SOTO (31), trabalhando com cinco subsolos derivados de cinzas vulcânicas, do sul do Chile, verificaram que a aplicação de uma solução de fosfato em concentrações que variavam de 0,00042 a 0,416 moles de $\text{H}_2\text{PO}_4/1000$ ml, aumentou em média 0,6 mE/100 g na CTC. WIKLANDER (37) observou um aumento na adsorção e um decréscimo na lixiviação de cátions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Cu^{2+}) quando sais solúveis contendo certos ânions, foram adicionados em Cambissolos, Podzois e Latossolos. Observou-se também que a eficácia destes ânions está na seguinte ordem: $\text{Cl}^- \approx \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^- < \text{H}_2\text{PO}_4^- < \text{HPO}_4^{2-}$

* É também possível aumentar a CTC de um solo adicionando-se ou promovendo-se práticas de manejo que visam a aumentar o nível de matéria orgânica do solo, pois esta apresenta uma CTC elevada (qua-

dro 1).

~~X~~ Pelo que citado nos parágrafos anteriores, pode-se verificar que várias são as práticas de manejo para se elevar a "CTC efetiva" a um valor de 4 mE/100 g de solo. Porém, em todas as situações deve-se levar em conta o tipo, textura e o teor de matéria orgânica do solo em que se pretende trabalhar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aspectos gerais

3.1.1. Localização da amostragem

A amostragem de material do solo foi feita na camada de 0 - 20 cm em três perfis classificados no Esquema Brasileiro de Classificação de Solo, como sendo : Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm), Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (LVa) e Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa (LEa), coletados nos municípios de Uberaba, São Gotardo e Felixlândia, em Minas Gerais, respectivamente. Esses solos correspondem à ordem dos Oxisols pela Soil Taxonomy.

3.1.2. Características químicas, físicas e mineralógicas das amostras.

As análises químicas e físicas das amostras foram realiza-

das segundo métodos de VETTORI (36), no Instituto de Química "John H. Weelock", do Departamento de Ciência do Solo-ESAL e são apresentados nos quadros 6 e 7.

QUADRO 6 - Análises químicas das amostras.

Características químicas	Solo		
	LEm	LVa	LEa
Al ³⁺ (mE/100g)	0,7	0,7	0,3
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mE/100g)	0,6	1,3	0,3
K ⁺ (ppm)	41	122	47
P (ppm)	2	3	2
pH em H ₂ O	5,2	5,1	5,3
CTC efetiva (mE/100 g)	1,4	2,3	0,7
Saturação de Al ³⁺ (%)	50,0	30,4	42,9
Matéria Orgânica (%)*	1,21	2,70	2,40

* Determinado pelo método de Walkley - Black (2)

QUADRO 7 - Análises físicas das amostras.

Características físicas	Solo		
	LEm	LVa	LEa
Densidade real (g/cm ³)	2,77	2,57	2,48
Densidade aparente (g/cm ³)	1,44	1,15	1,10
Água retida a 0,1 atm. (%)	13,70	33,49	32,89
Areia (%)	78,0	33,6	15,6
Limo (%)	5,8	11,0	16,4
Argila (%)	16,2	55,4	68,00
Classe textural *	franco-arenosa	argila	argila pesada

* Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (32)

As análises de óxidos de ferro livres, mineralógicas (difratometria de raios X e térmica diferencial), amorfos e mica seguiram metodologia proposta por JACKSON (18), e são apresentadas no quadro 8. O diagnóstico quantitativo dos diversos grupos minerais de argila (análises difratométricas) seguiu indicação de BRINDLEY (4).

QUADRO 8 - Composição mineralógica percentual da fração argila na camada de 0 - 20 cm.

Minerais de argila	Solo		
	LEm	LVa %	LEa
Caulinita *	24,00	55,00	9,00
Gibbsita*	34,00	12,50	63,00
Amorfos**	40,00	14,00	22,80
Mica***	-	10,58	-
Óxidos de ferro livres****	2,72	9,03	7,19

* Determinação segundo DIXON (9)

** Amorfos (%) = SiO_2 (%) + Al_2O_3 (%) + 20% (SiO_2 (%) + Al_2O_3 (%))

*** Obtidos indiretamente pela dosagem de potássio

**** Extração com extrato-bicarbonato - ditonito de sódio

3.2. Procedimento experimental

3.2.1. Delineamento

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, com os tratamentos dispostos num esquema de parcelas sub-divididas. As parcelas foram constituídas por doses de corretivo e de matéria orgânica formando uma estrutura fatorial 4 x 4 e as sub-parcelas pelo tempo de incubação.

3.2.2. Tratamentos

Utilizou-se como corretivo Óxido de Cálcio e Magnésio puro para análise. Os teores de CaO : MgO estavam numa relação 4:1 e o material apresentava um PRNT de 192%.

As doses de corretivo utilizadas para os tratamentos foram estimadas através do processo descrito por Pratt e citado por DEFILIPO (8) que elevou o pH destes solos a 5,6, 6,5, 7,0 e a dose 0,0 manteve os solos ao pH natural (quadro 6). Assim, as doses de corretivo para o LEm foram 0,0, 1200 2400 e 2600 kg/ha, para o LVa 0,0, 1900, 3167 e 4350 kg/ha e para o LEa 0,0, 1060, 3750 e 7000 kg/ha .

Como fonte de matéria orgânica utilizou-se esterco de bovino semi-estabulado, coletado em um período de 1 a 7 dias após a evacuação. A análise química deste material encontra-se no quadro 9.

QUADRO 9 - Análise química do esterco de curral*.

N (%)	P ₂ O ₅ (%)			K ₂ O Total	M.O** (%)	C/N
	Solúvel		Total			
	H ₂ O	Ac.cítrico				
1,4	0,32	0,38	1,07	1,26	23,3	8,8

* Análises efetuadas no Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

** Determinado pelo método de Walkley-Black (2)

O esterco foi seco em estufa a 60 °C até atingir peso constante. Em seguida foi moído em moinho tipo "Willey" passando 100 %

em peneira de 2 mm de malha.

As doses de matéria orgânica utilizadas correspondem à adição de 1, 2 e 3% de matéria orgânica ao nível natural existente no solo (quadro 6).

Assim, as doses para o LEm foram 1,21 , 2,21, 3,21 e 4,21%, o que corresponde à aplicação de 0,0, 26.778, 53.556 e 80.334 kg/ha, respectivamente. Para o LVa 2,7, 3,7, 4,7 e 5,7% o que correspondeu à aplicação de 0,0, 26.325, 52.650 e 78.975 kg/ha, respectivamente. Para o LEa foram 2,4, 3,4, 4,4 e 5,4, o que correspondeu à aplicação de 0,0, 22.100, 44.200 e 66.300 kg/ha, respectivamente.

Os tempos de incubação estudados foram 30, 90 e 180 dias.

3.2.3. Condução do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da ESAL, no período de abril de 1980 a novembro do mesmo ano.

Para cada solo havia 48 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso que continha 3 kg de amostra de solo (T.F.S.A) . As amostras receberam água desmineralizada para umidecimento durante todo o período de condução do experimento. A quantidade de água adicionada corresponde àquela mantida a 0,1 de atmosfera (quadro 7). Segundo FREIRE (12) esta quantidade de água é próxima à retida pelos Latossolos na capacidade de campo.

Iniciou-se o experimento com a aplicação das doses de corretivo, e esperando-se 30 dias para se adicionar a matéria orgânica .

Após iniciada a incubação com a matéria orgânica, foram retiradas sub-amostras aos 30, 90 e 180 dias, nas quais procedeu-se as análises químicas descritas no item 3.3.

3.3. Características químicas avaliadas

As determinações analíticas das características químicas do solo foram realizadas com duas repetições nos laboratórios de Agrologia e Fertilidade do Solo da ESAL, como segue :

3.3.1. pH em H₂O na relação solo : solução 1:2,5 (18), pH KCl 1N em relação solo : solução 1:2,5 (36), Δ pH por diferença entre os valores de pH em KCl e pH em H₂O.

3.3.2. A "CTC efetiva" foi obtida por soma dos cátions trocáveis cálcio, magnésio, potássio e alumínio, segundo VETTORI (36).

3.3.3. A capacidade de troca de cátions a pH 7,0 foi obtida pelo Método do Acetato de Amônio, segundo VETTORI (36).

3.4. Análise estatística

Os dados foram analisados segundo o modelo de análise de variância usual. As interações significativas foram desdobradas e desenvolvidos estudos de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios encontrados para o pH em água, pH em KCl, Δ pH, percentagem de saturação da base da "CTC efetiva", percentagem da saturação de alumínio da "CTC efetiva" e o valor de K (relação CTC pH 7,0 : "CTC efetiva"), estão apresentados no apêndice I.

Os resultados obtidos para os valores de "CTC efetiva", e CTC a pH 7,0, serão discutidos separadamente, para cada solo estudado.

4.1. "CTC efetiva"

4.1.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm)

Os resultados encontrados para a "CTC efetiva" mostram que os efeitos do corretivo e matéria orgânica são dependentes, ou seja, as respostas às doses de corretivo variam com as de matéria orgânica, quando tomado sob todos os tempos de incubação. O aumento da "CTC efetiva" neste caso foi devido à liberação de cargas, como consequência de aumento no pH, tanto na fração mineral como na fração orgânica

(15, 16, 20, 23, 26, 34, 40). As respostas também mostram dependência entre as doses de matéria orgânica e tempo de incubação, em consequência da humificação da matéria orgânica, fato amplamente comprovado na literatura (1, 3, 5, 7, 11). Não ocorreu interação entre as doses de corretivo e tempos de incubação, verificando-se que a manutenção adequada de umidade do solo foi suficiente para a solubilização do corretivo, com 30 dias de pré-incubação, em face do elevado PRNT deste material 192% (item 3.2.2. e quadros 31, 32, 33 e 34).

QUADRO 10 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e matéria orgânica para o LEm (médias para os tempos de incubação)¹

Corretivo (kg/ha)	Matéria Orgânica (%)							
	1,21		2,21		3,21		4,21	
0,0	1,59	a A	3,28	a B	4,98	a C	6,30	a D
1200	2,06	b A	4,11	b B	5,62	b C	6,97	b D
2400	2,89	c A	4,67	c B	6,00	c C	7,04	b D
2600	3,47	d A	5,15	d B	6,40	d C	7,15	b D

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação deve ser feita no sentido vertical e, para as maiúsculas, no sentido horizontal.

Os resultados obtidos e expressos no quadro 10 mostram que dentro de cada dose de corretivo, à medida que se aumentou a dose

de matéria orgânica, as médias tornam-se estatisticamente superiores. A mesma observação pode ser feita para as doses 1,21, 2,21 e 3,21% de matéria orgânica, quando verificado nas doses do corretivo. Porém, na dose de 4,21% de matéria orgânica, as aplicações de 1200, 2400 e 2600 kg/ha de corretivo apresentam-se estatisticamente iguais entre si e superiores ao tratamento onde não houve a aplicação do corretivo, provavelmente isto se deve a fixação da Ca^{2+} por ácidos orgânicos. O fenômeno de troca de cátions é reversível, e apresenta um ponto de equilíbrio. Baseado neste conceito, acredita-se que para este solo, o ponto de equilíbrio pode estar próximo a 7,0 mE/100g, pois mesmo utilizando-se recursos para elevar a "CTC efetiva", os resultados obtidos foram estatisticamente iguais.

Na figura 5, observam-se duas possibilidades para se obter uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g, ao nível natural de matéria orgânica do solo ($C:MO_1$) com aplicação 3800 kg/ha de corretivo, valor estimado, válido somente se a resposta se mantiver linear ou elevando-se o nível da matéria orgânica em 1% ($C:MO_2$) e aplicando-se 1070 kg/ha de corretivo.

De acordo com a figura 6, existem quatro possibilidades para se obter uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g de solo: a não utilização de corretivo ($MO:C_1$) e a elevação de nível de matéria orgânica do solo a 2,7%, aplicando-se 1200 kg/ha de corretivo ($MO:C_2$) e elevando-se o nível de matéria orgânica a 2,3%, aplicando-se 2400 kg/ha de corretivo ($MO:C_3$) e elevando-se o nível de matéria orgânica a 1,87%, aplicando-se 2600 kg/ha de corretivo ($MO:C_4$) e elevando-se o nível de matéria orgânica a 1,45%.

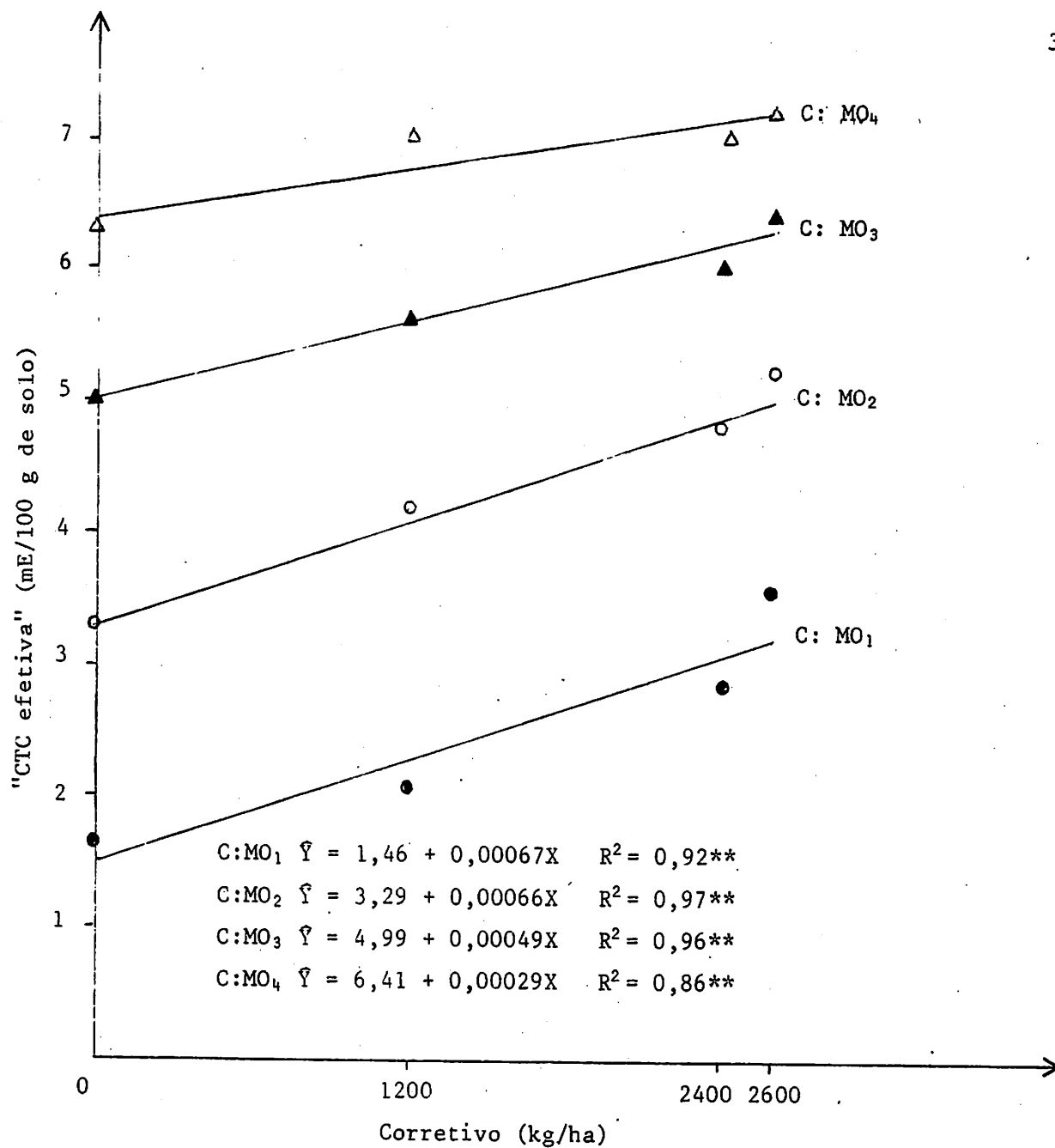


FIGURA 5 - Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LEm (médias para os tempos de incubação).

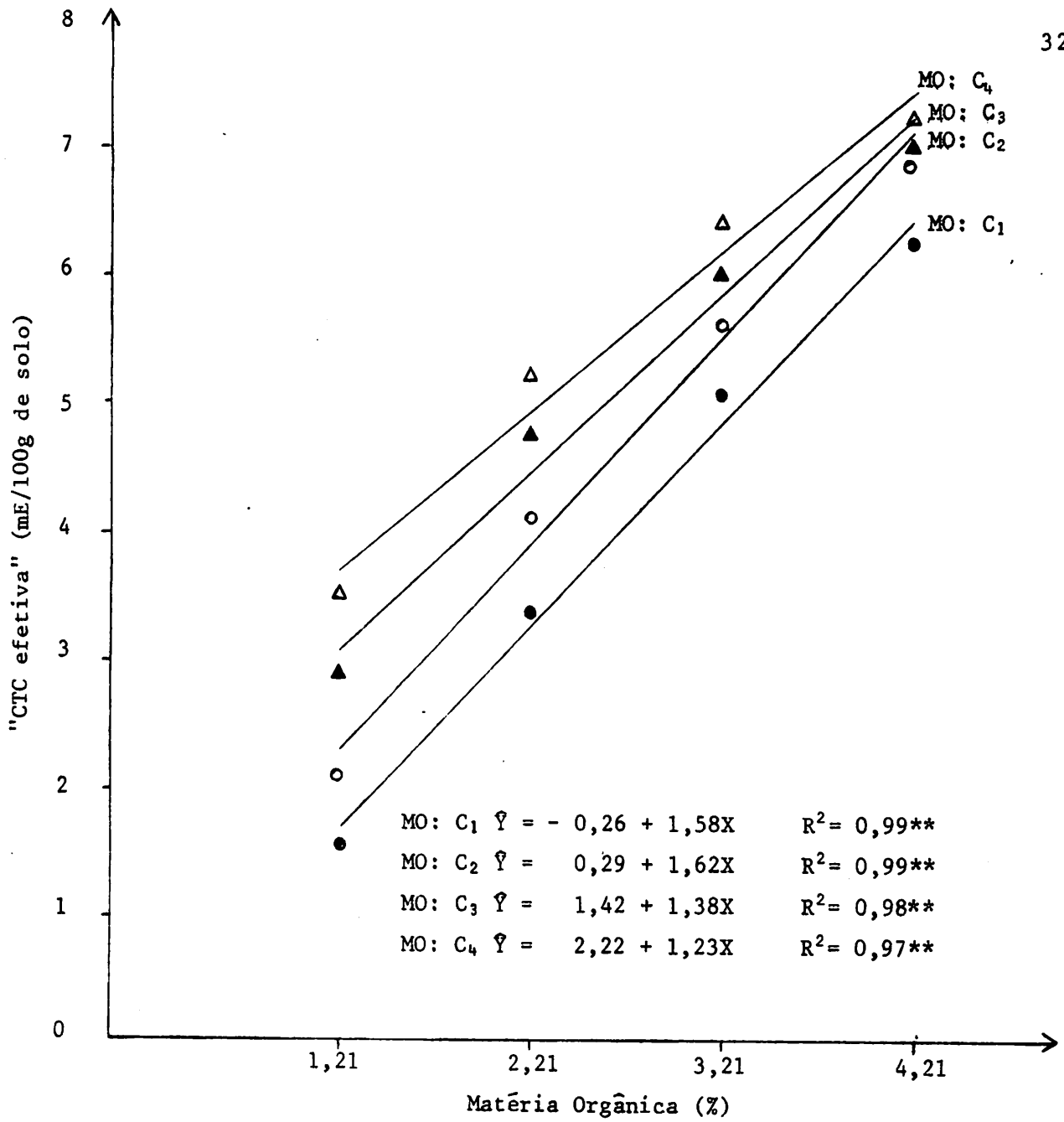


FIGURA 6 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo, para o LEm (médias para os tempos de incubação)

QUADRO 11 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempos de incubação no LEm (média para as doses de corretivo)¹

Matéria Orgânica (%)	Tempo de incubação (dias)					
	30		90		180	
1,21	2,33	a A	2,48	a AB	2,70	a B
2,21	4,03	b A	4,33	b B	4,55	b B
3,21	5,49	c A	5,56	c AB	6,20	c B
4,21	6,47	d A	6,68	d AB	7,45	d B

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação deve ser feita no sentido vertical e, para as maiúsculas, no sentido horizontal.

Os resultados obtidos e apresentados no quadro 11 mostram que a decomposição da matéria orgânica está relacionada com o tempo de incubação, sendo que o tempo de incubação de 180 dias apresenta-se estatisticamente superior aos 30; entretanto, não se constatou diferença entre 90 e 180 dias.

A figura 7 mostra que a regressão linear explica em média 99% da associação entre as variáveis estudadas e isto sugere um aumento constante entre as doses de matéria orgânica e o tempo de incubação.

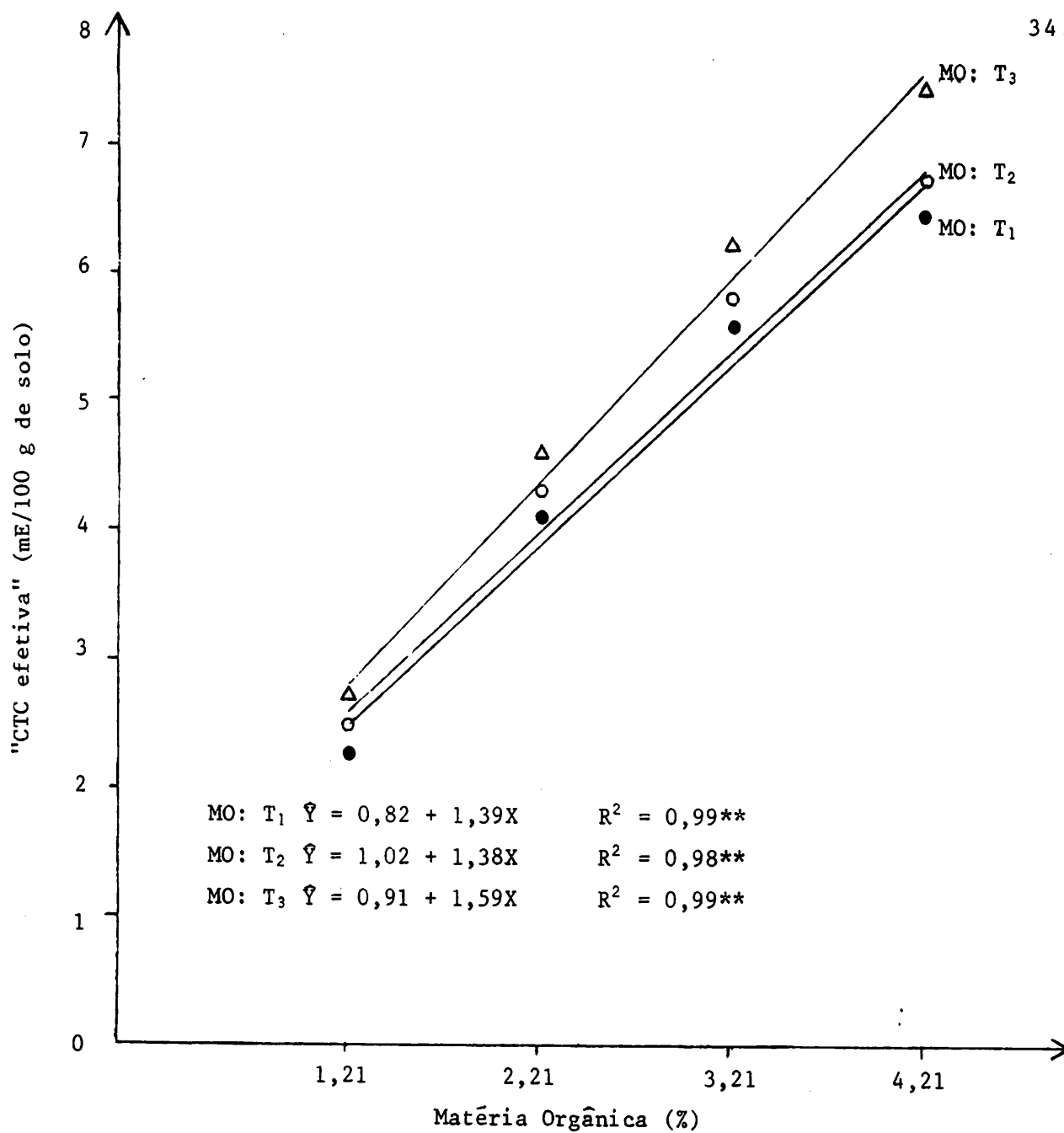


FIGURA 7 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva" em três tempos de incubação, para o LEm (médias para as doses de corretivo).

4.1.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (LVa)

As respostas aos fatores estudados nesse solo são semelhantes às aquelas obtidas para o LEm (quadros 31, 32, 33 e 34). Os valores obtidos, porém, são diferentes, como consequência de sua composição química e física do solo, apresentados nos quadros 6 e 7.

QUADRO 12 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivos e matéria orgânica, no LVa (médias para os tempos de incubação)¹.

Corretivo (kg/ha)	Matéria Orgânica (%)							
	2,7		3,7		4,7		5,7	
0,0	3,03	a A	5,39	a B	7,80	a C	9,68	a D
1900	3,97	b A	6,78	b B	8,84	b C	10,27	a D
3167	5,28	c A	7,86	c B	9,42	c C	10,96	bc D
4350	6,24	d A	8,54	d B	9,86	d C	11,34	c D

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação deve ser feita no sentido vertical, e para as maiúsculas, no sentido horizontal.

Pelos resultados obtidos e expressos no quadro 12 observa-se que, para uma mesma dose de corretivo, elevando-se a dose de matéria orgânica, as médias da dose mais alta apresentam-se estatisticamente superiores, em consequência do aumento de cargas causado pela decomposição de matéria orgânica, e da humificação (1, 3, 5 e 11). Para

as doses 2,7 , 3,7 e 4,7% de matéria orgânica, com o aumento das doses de corretivo, as médias da dose mais alta apresentam-se estatisticamente superiores aos demais. Na dose de 5,7% de matéria orgânica, os valores obtidos para a aplicação de 3167 kg e 4350 kg de corretivo/ha apresentam-se estatisticamente iguais entre si, mas superiores às demais doses. Os dados aqui também sugerem a existência de um ponto de equilíbrio, e que este varia em função das doses dos fatores que podem influenciá-lo, tais como : composição mineralógica, quantitativa e qualitativa, e outros. Comparando-se aos valores obtidos para o LEm e LVa, pode-se supor uma grande influência da textura no ponto de equilíbrio. No primeiro, textura média, esta está próxima a 7 mE/100 g e, no segundo, textura argilosa, próximo a 11 mE/100 g.

Estudos relacionados com ponto de equilíbrio para a CTC não são em grande número. Não se encontrou nenhum que sugerisse valores para este ponto. Os que aqui estão expressos são sugestões do autor, com base neste trabalho.

Na figura 8 observa-se que ao nível natural de matéria orgânica do solo (C:MO₁) deve-se aplicar 1550 kg de corretivo/ha para obter-se uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g de solo.

Na figura 9 observa-se que sem a aplicação de corretivo ao solo (MO:C₁) e com a elevação do nível da matéria orgânica a 3,1%, o que corresponde à aplicação de 0,4% de matéria orgânica ao solo , obtém-se uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g de solo.

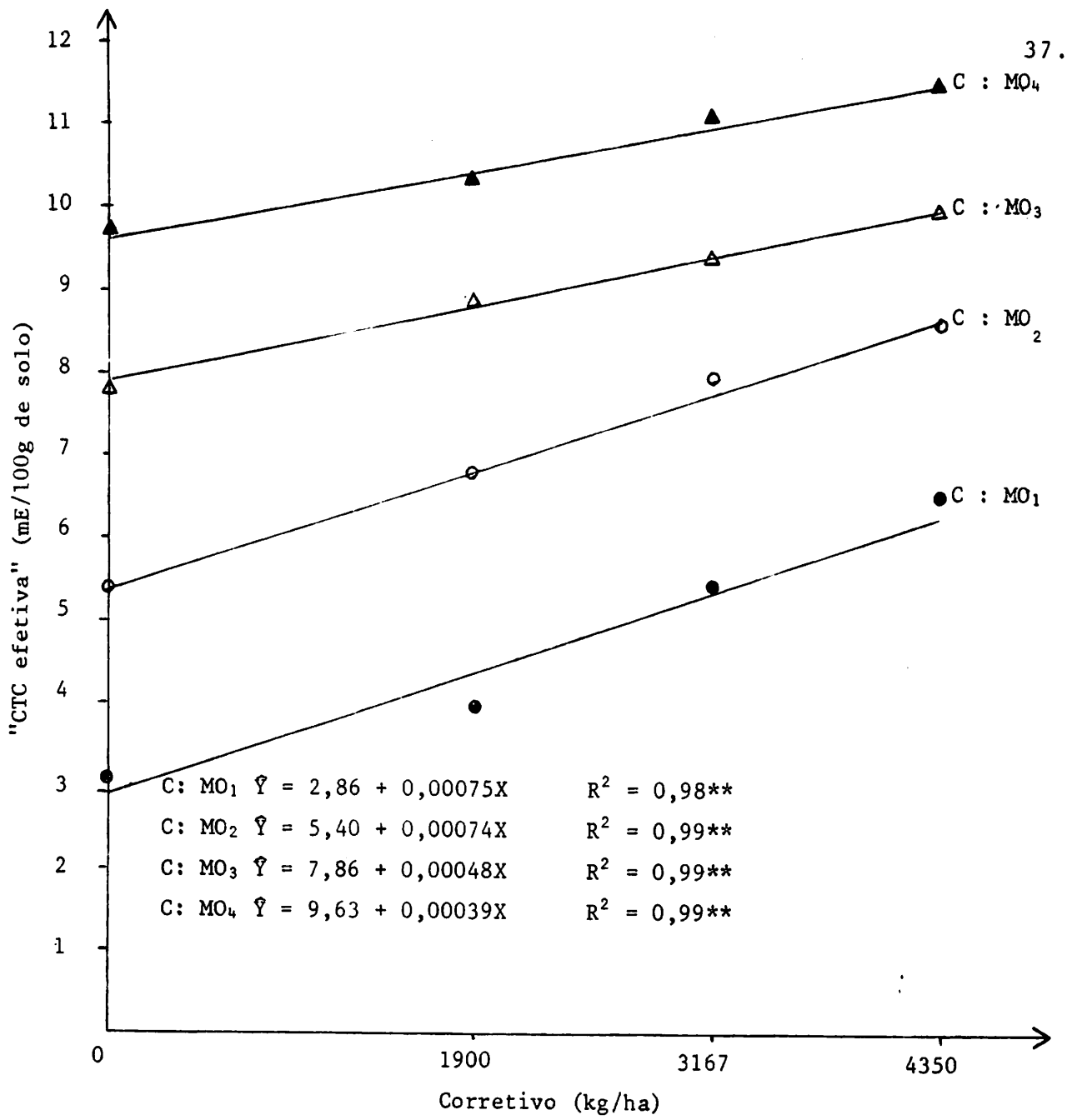


FIGURA 8 - Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LVA (médias para os tempos de incubação).

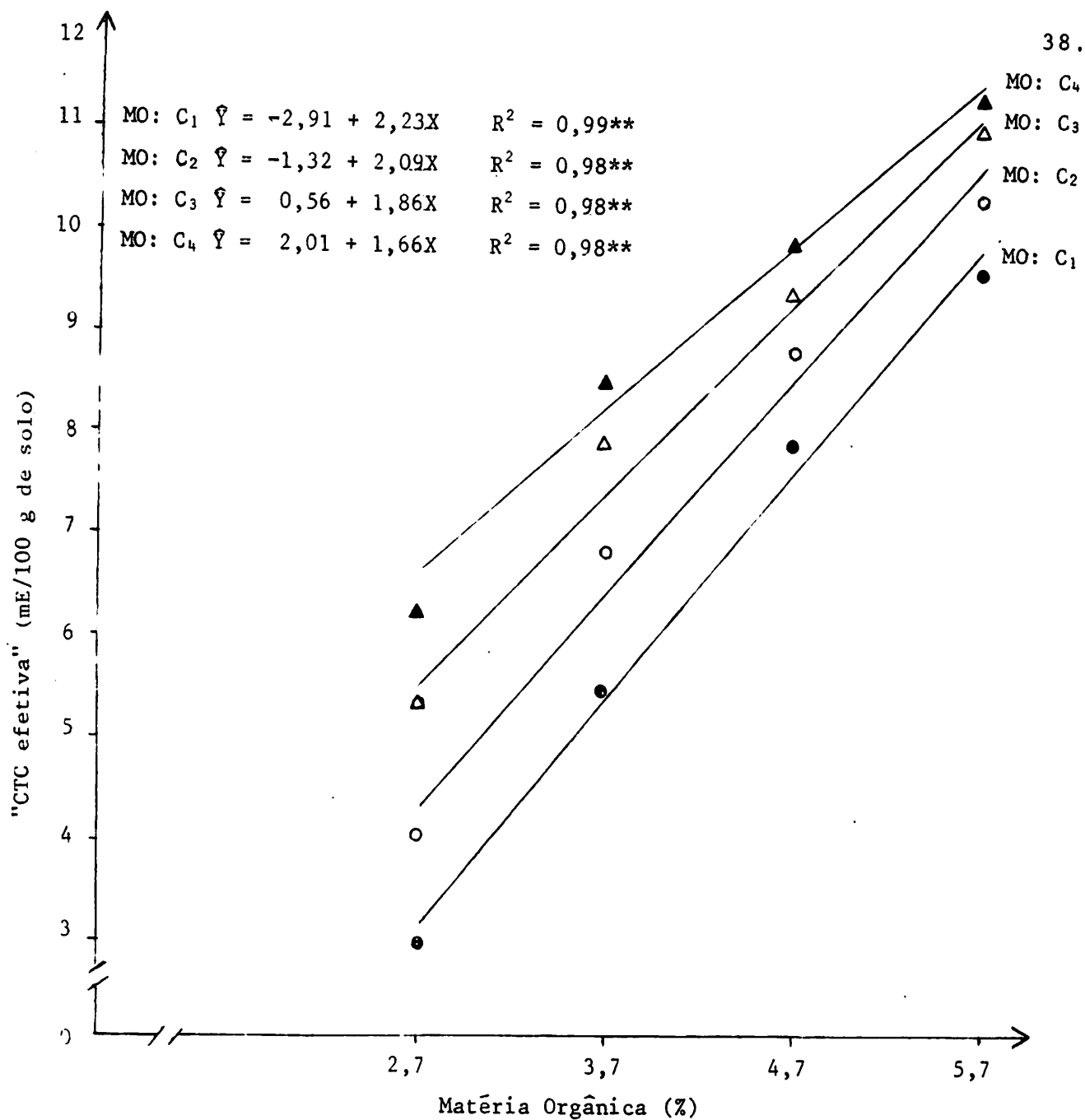


FIGURA 9 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo para o LVa (médias para os tempos de incubação).

QUADRO 13 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempo de incubação, no LVa (médias para as doses de corretivo)¹.

Matéria orgânica (%)	Tempo de incubação (dias)					
	30		90		180	
2,7	4,42 a	A	4,45 a	A	5,02 a	A
3,7	6,75 b	A	6,73 b	A	7,95 b	B
4,7	8,40 c	A	8,70 c	A	9,83 c	B
5,7	9,69 d	A	9,92 d	A	12,07 d	B

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação deve ser feita no sentido vertical, e para as maiúsculas, no sentido horizontal.

Os resultados obtidos e expressos no quadro 13 mostram que dentro de um mesmo tempo de incubação, a dose de 5,7% de matéria orgânica apresenta-se estatisticamente superior às demais, em consequência da dose da matéria orgânica e da humificação da mesma no solo (1, 11, 13, 16, 29, 34). Para as doses de 3,7%, 4,7% e 5,7%, o tempo de 180 dias apresenta-se estatisticamente superior aos demais. Isto sugere a idéia de que a velocidade de humificação é diminuída pela quantidade de matéria orgânica, que deverá sofrer este processo. Entretanto, não se encontrou na literatura suporte para esta afirmativa.

Na figura 10 observa-se que a regressão linear pode expli -

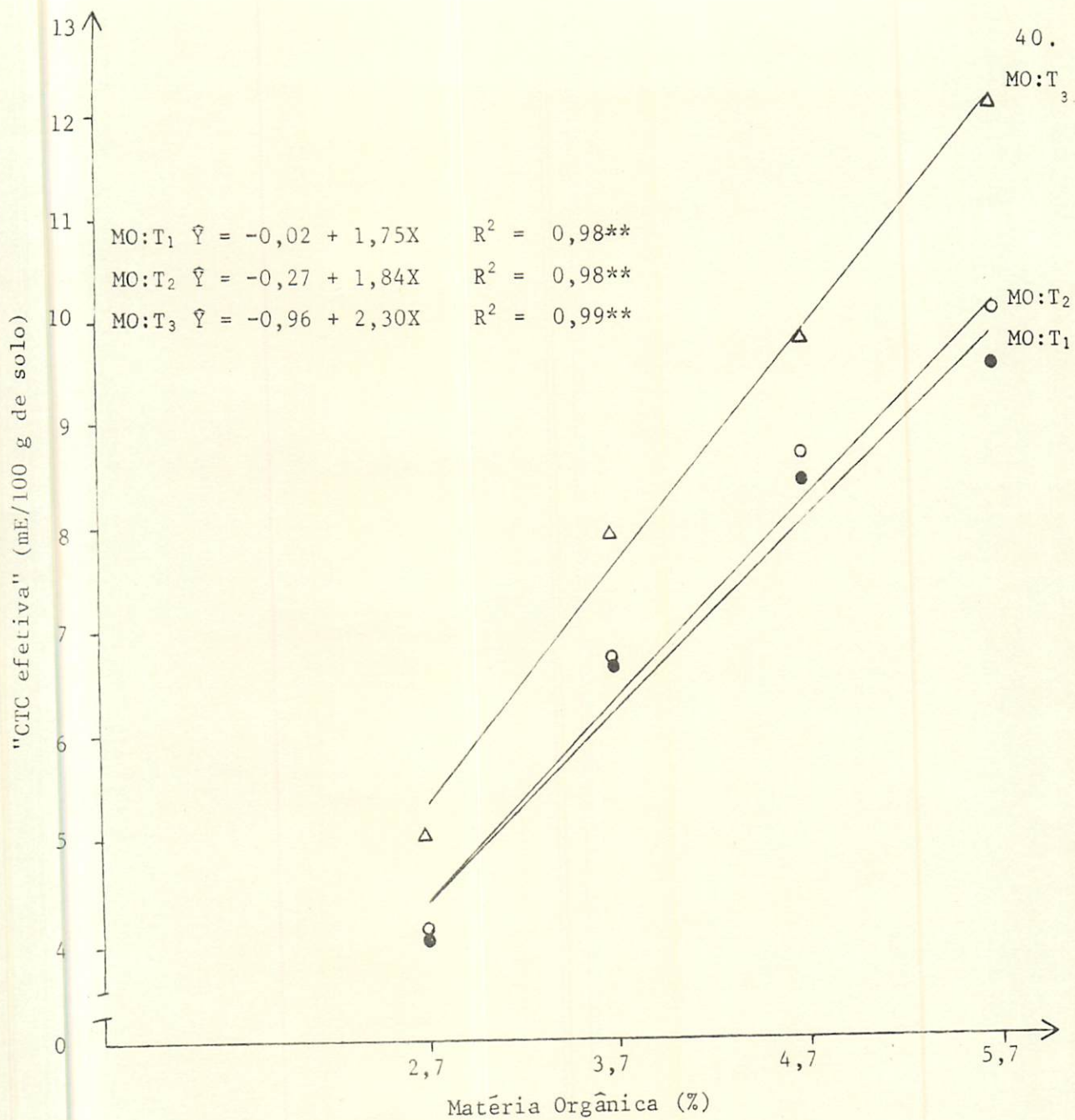


FIGURA 10 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em três tempos de incubação, para o LVa (médias para as doses de corretivo).

car em média 98% da associação entre as variáveis estudadas, não sendo, neste caso, necessário o ajuste de outra regressão.

4.1.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa (LEa).

Os resultados obtidos mostram dependência dos fatores corretivos e matéria orgânica, matéria orgânica e tempo de incubação, o que ocorreu também no LEm e LVa. Nesse solo, entretanto, os fatores corretivo e tempo de incubação mostram-se dependentes, ou seja; as respostas às doses de corretivo variam com o tempo de incubação, mesmo com a solubilização do corretivo e conseqüente mudança do pH do solo (quadro 35).

QUADRO 14 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e matéria orgânica, no LEa (médias para os tempos de incubação).¹

Corretivo kg/ha	Matéria Orgânica (%)							
	2,4		3,4		4,4		5,4	
0,0	1,06	a A	2,57	a B	4,19	a C	5,29	a D
1060	1,90	b A	3,29	b B	3,29	b C	5,99	b D
3750	3,86	c A	5,22	c B	6,18	c C	7,39	c D
7000	6,54	d A	7,32	d B	8,45	d C	9,11	d D

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação deve ser feita na vertical e, para as maiúsculas, no sentido horizontal.

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 14 observa-se que a aplicação de 7000 kg de corretivo/ha, dentro de todas as doses de matéria orgânica, apresenta-se estatisticamente superior aos demais, em consequência de cargas devidas ao aumento de pH. A dose de 5,4 % de matéria orgânica, nas várias doses de corretivo, apresenta-se estatisticamente superior às demais, em consequência da composição da matéria orgânica no solo (1, 13, 16, 29, 34). Nos outros solos estudados, sugeriu-se a existência de pontos de equilíbrio, o que não se verifica neste. Acredita-se que pelo maior teor de argila e pela composição mineralógica (quadro 8), o ponto de equilíbrio para este solo deve ser encontrado em valores superiores aos obtidos neste trabalho.

Na figura 11 observam-se duas possibilidades para obter-se uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g; ao nível natural de matéria orgânica ($C:MO_1$) e aplicando-se 4000 kg de corretivo/ha e elevando-se 1% o nível de matéria orgânica ($C:MO_2$) e aplicando-se 2000 kg de corretivo/ha.

Na figura 12 observam-se três possibilidades para obter-se uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g sem a aplicação de corretivo ($MO:C_1$), mas com a elevação do nível de matéria orgânica a 4,5%, aplicando-se 1060 kg de corretivo/ha ($MO:C_2$) e elevando-se o nível de matéria orgânica a 4,0 %; aplicando-se 3750 kg de corretivo/ha ($MO:C_3$) e elevando-se o nível de matéria orgânica a 2,6%, o que corresponderia a aplicação de 0,2 de matéria orgânica ao solo.

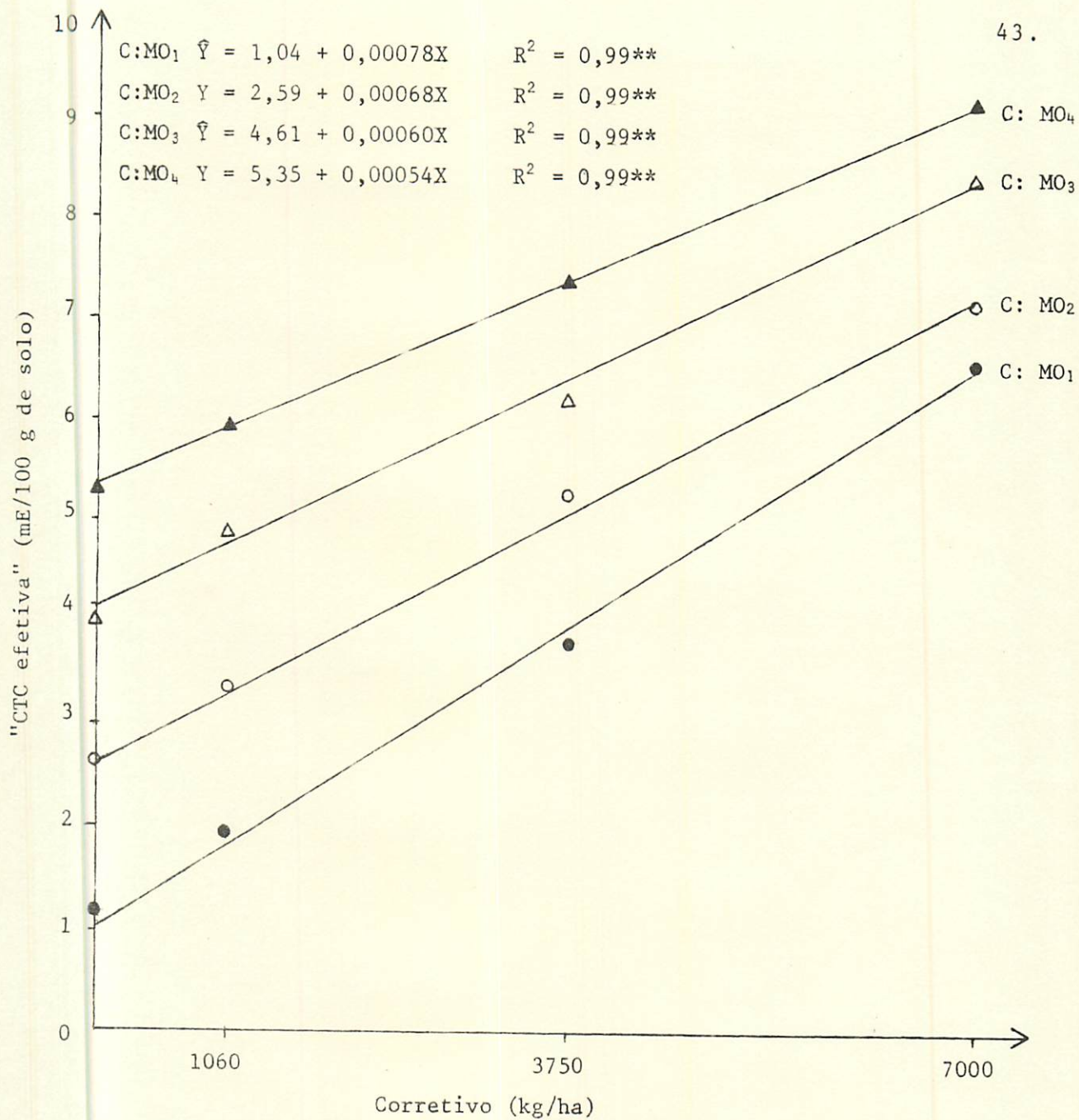


FIGURA 11 - Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em quatro doses de matéria orgânica, para o LEa (médias para os tempos de incubação).

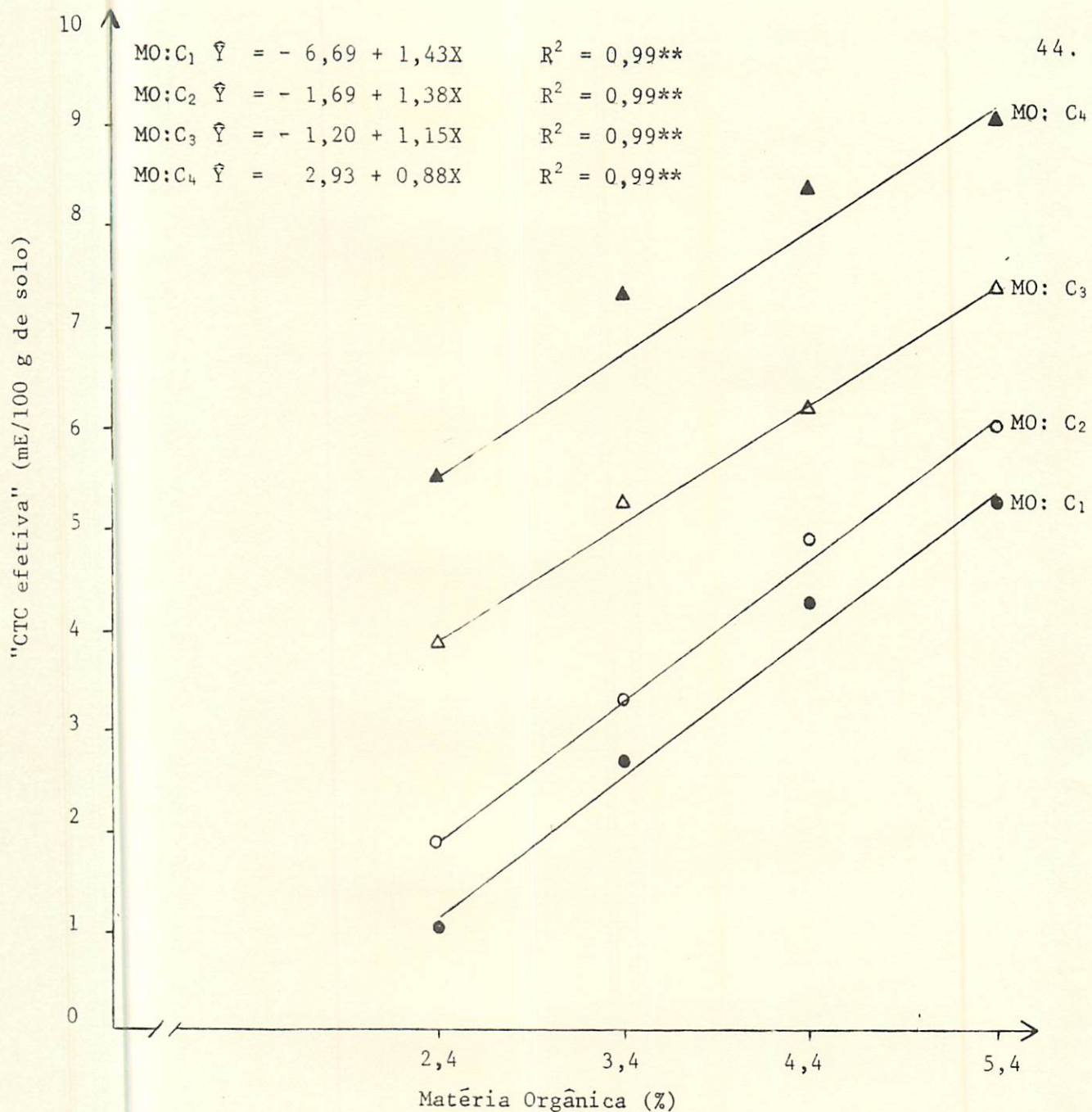


FIGURA 12 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em quatro doses de corretivo, para o LEa (médias para os tempos de incubação).

QUADRO 15 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de corretivo e tempo de incubação, no LEa (médias para as doses de matéria orgânica)¹

Corretivo (kg/ha)	Tempo de incubação (dias)					
	30		90		180	
0,0	3,17	a A	3,16	a A	3,50	a A
1060	3,83	b A	3,92	b A	4,30	b A
3750	5,43	c A	5,69	c AB	6,26	c B
7000	7,45	d A	7,82	d AB	8,31	d B

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação é feita na vertical e, para as maiúsculas, na horizontal.

Com os resultados obtidos e expressos no quadro 15, observa-se que somente as doses de 3.750 kg e 7.000 kg de corretivo/ha, apresentam respostas que variam com o tempo de incubação. Nestas doses o tempo de incubação de 180 dias apresenta-se estatisticamente superior aos demais. Acredita-se que esta resposta ao corretivo com o aumento do tempo de incubação seja devida ao poder tampão existente no solo, em função da classe textural argila pesada.

Para este solo, em dose superior a 3750 kg de corretivo/ha para a elevação da "CTC efetiva" deve-se levar em consideração o tempo de incubação, pois as quantidades a serem empregadas diminuem à medida que o tempo de incubação aumenta, de acordo com o quadro 15.

QUADRO 16 - "CTC efetiva" (mE/100 g) em função de doses de matéria orgânica e tempo de incubação, no LVa (médias para as doses de corretivo)¹

Matéria Orgânica (%)	Tempo de incubação (dias)					
	30		90		180	
2,4	3,24	a A	3,32	a A	3,46	a A
3,4	4,26	b A	4,54	b AB	5,00	b B
4,4	5,40	c A	5,83	c AB	6,54	c B
5,4	6,57	d A	6,89	c AB	7,37	d B

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para as letras minúsculas a comparação é feita na vertical e, para as maiúsculas, na horizontal.

Os resultados obtidos e expressos no quadro 16 mostram que a resposta em relação ao tempo de incubação, nas doses de 3,4, 4,4 e 5,4% de matéria orgânica aos 180 dias, apresenta-se estatisticamente superior aos demais tempos, como consequência da humificação da matéria orgânica (1, 11, 13, 16, 19); entretanto, não se encontraram diferenças entre 90 e 180 dias.

Os efeitos das doses de matéria orgânica nos aumentos da "CTC efetiva" foram significativos em relação ao tempo de incubação (quadro 16). Isto sugere que, para maiores efeitos em tempo das doses, o período deve ser o mais longo.

Para as interações, corretivo e tempo de incubação, matéria

orgânica e tempo de incubação expressas nas figuras 13 e 14, respectivamente, a resposta linear explica em média 99% da associação entre as variáveis estudadas.

4.2. CTC a pH 7,0

As análises de variância dos dados obtidos, referentes a esta característica para os solos citados, encontram-se no quadro 36.

Os efeitos dos tratamentos mostram-se independentes, pois não se observam, entre eles, interações de primeira ou de segunda ordem. Acredita-se que isto esteja relacionado com o método de determinação, pois interação de primeira ordem foram encontradas para os valores de "CTC efetiva".

4.2.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm)

Para este solo, não houve resposta para a aplicação do corretivo (quadro 36), acredita-se que isto seja devido à textura grosseira, nível de matéria orgânica e composição mineralógica (quadro 8).

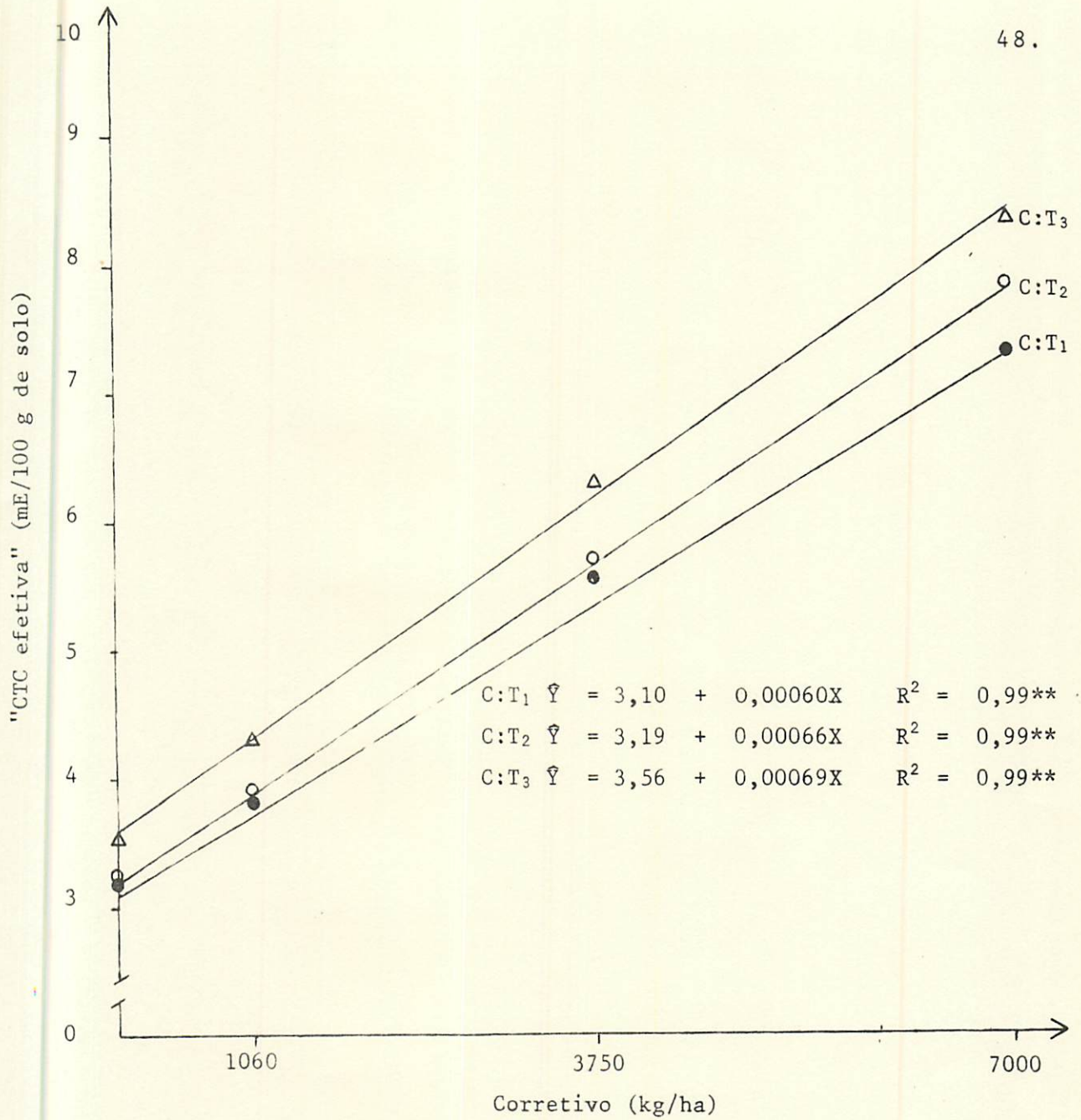


FIGURA 13 - Efeito das doses de corretivo na "CTC efetiva", em três tempos de incubação, para o LEa (médias para as doses de matéria orgânica).

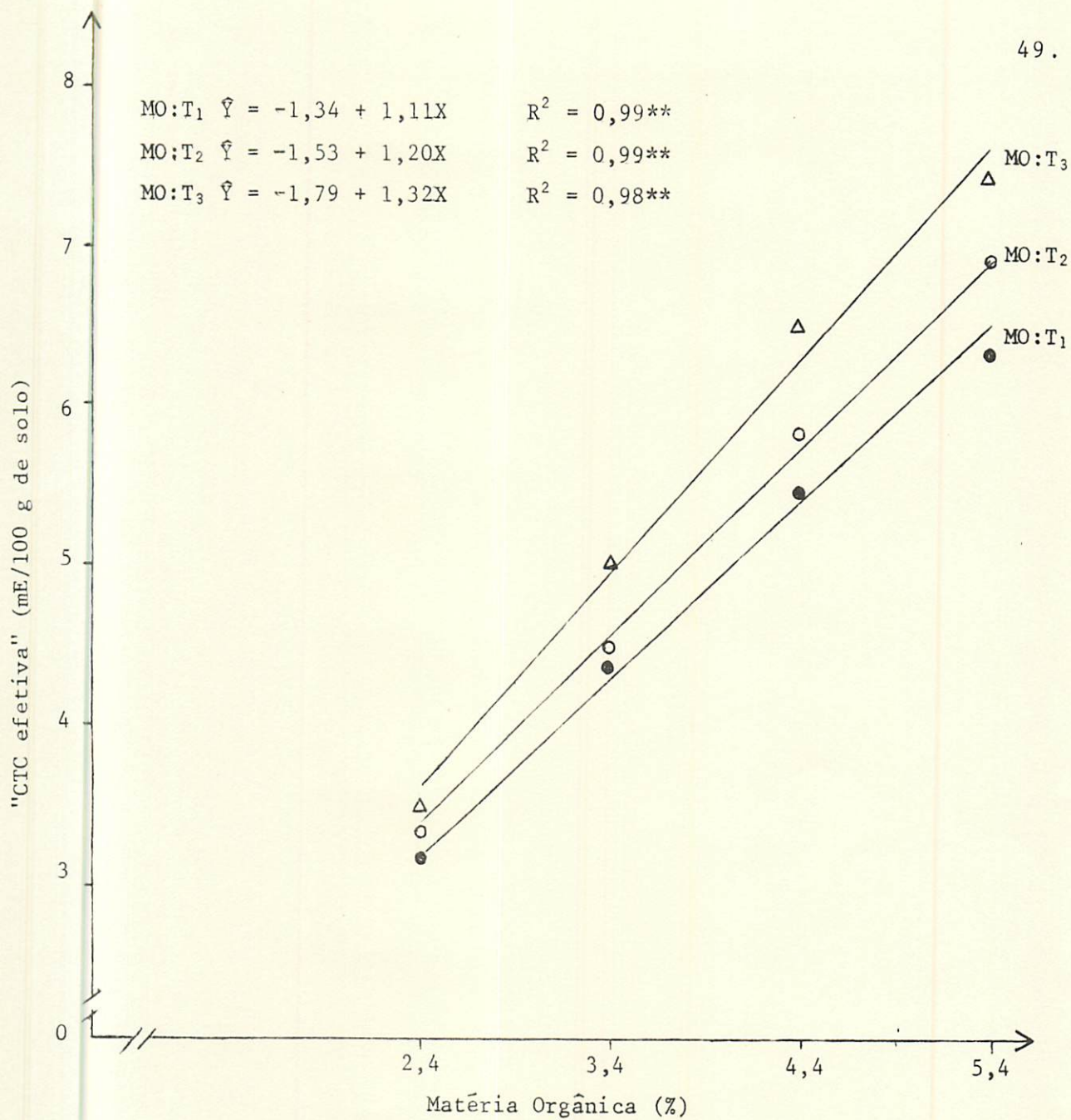


FIGURA 14 - Efeito das doses de matéria orgânica na "CTC efetiva", em três tempos de incubação, para o LEa (médias para as doses de corretivo)

QUADRO 17 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEm, incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

Matéria Orgânica (%)	Médias ¹
1,21	3,80 a
2,21	5,08 b
3,21	6,23 c
4,21	7,46 d

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 17 observam-se aumentos significativos, na CTC a pH 7,0, a cada incremento de 1% de matéria orgânica, o que está de acordo com as observações de (1, 11, 16, 29).

Na figura 15 observa-se que a regressão linear pode explicar 99% da associação entre as variáveis estudadas.

QUADRO 18 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEm, em função dos tempos de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

Tempo de incubação (dias)	Médias
30	5,43 a
90	6,09 b
180	5,40 a

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

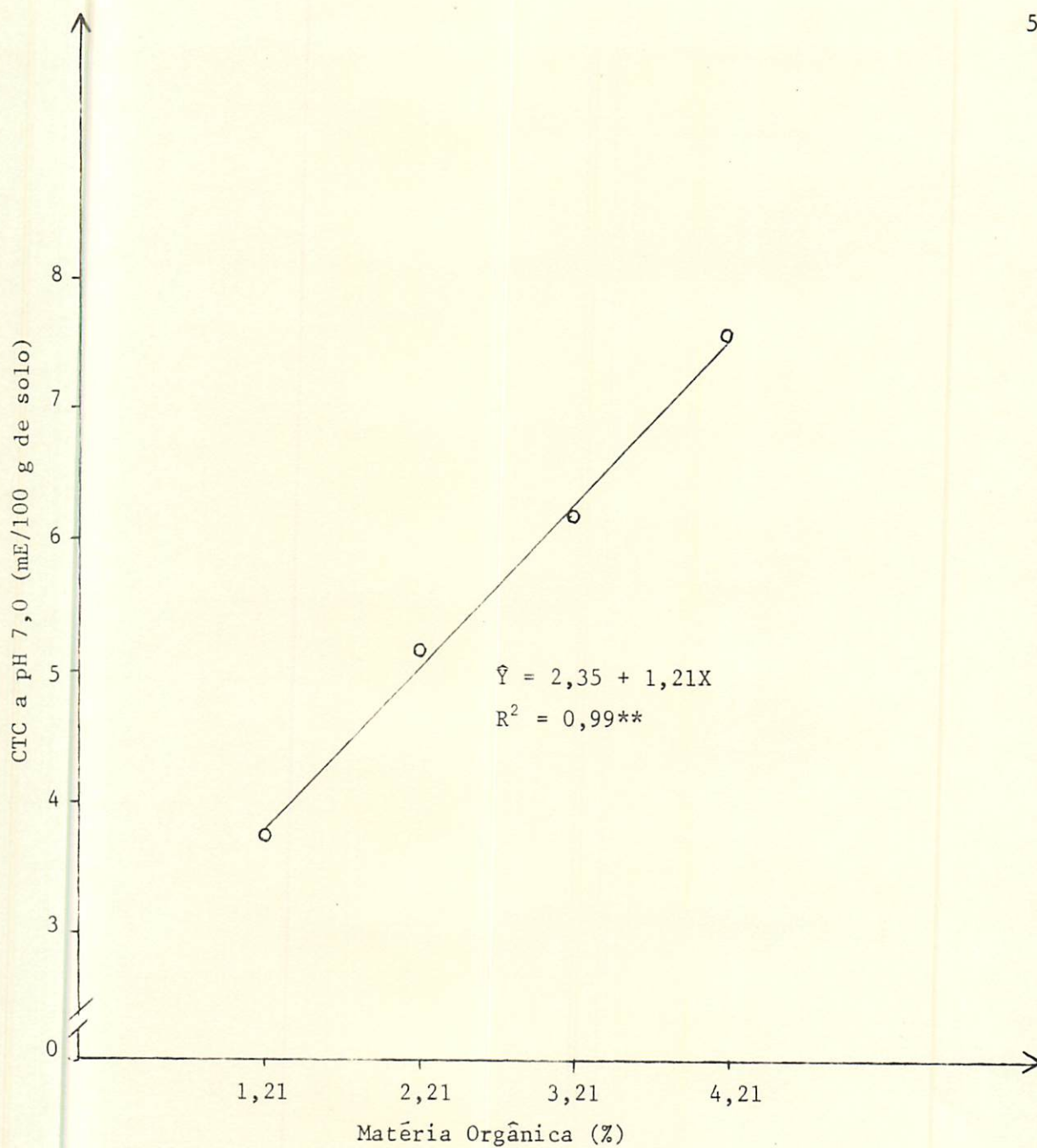


FIGURA 15 - Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LEm (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 18, o tempo de incubação de 90 dias apresenta-se estatisticamente superior aos demais. A representação gráfica também confirma esta resposta, e isto pode ser visto na figura 16. Máximos valores de CTC na faixa de tempo estudado podem estar relacionados com a decomposição e humificação da matéria orgânica (1, 11, 13, 16, 29), e com o pH (apêndice I).

A regressão quadrática explica 100% da associação entre as variáveis estudadas (figura 16). O valor máximo de CTC no intervalo de tempo estudado ocorreu aos 108 dias de incubação.

4.2.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (LVa)

Para este solo observa-se que houve resposta para a aplicação de corretivo (quadro 36). Sendo este solo de textura argilosa, acredita-se que haja um grande número de cargas variáveis com aumento do pH, em função da sua mineralogia (quadro 8 e apêndice III). Acredita-se que a quantidade de cargas variáveis como o pH possa estar relacionado com o tempo de contato entre a fase sólida e a solução do solo. Desta maneira pode-se explicar porque o corretivo é capaz de aumentar a CTC, uma vez que o método é tamponado a pH 7,0, e, teoricamente, nestes pontos, todas as cargas variáveis estariam liberadas. Entretanto, não se encontrou na literatura suporte para aceitação ou rejeição desta afirmativa.

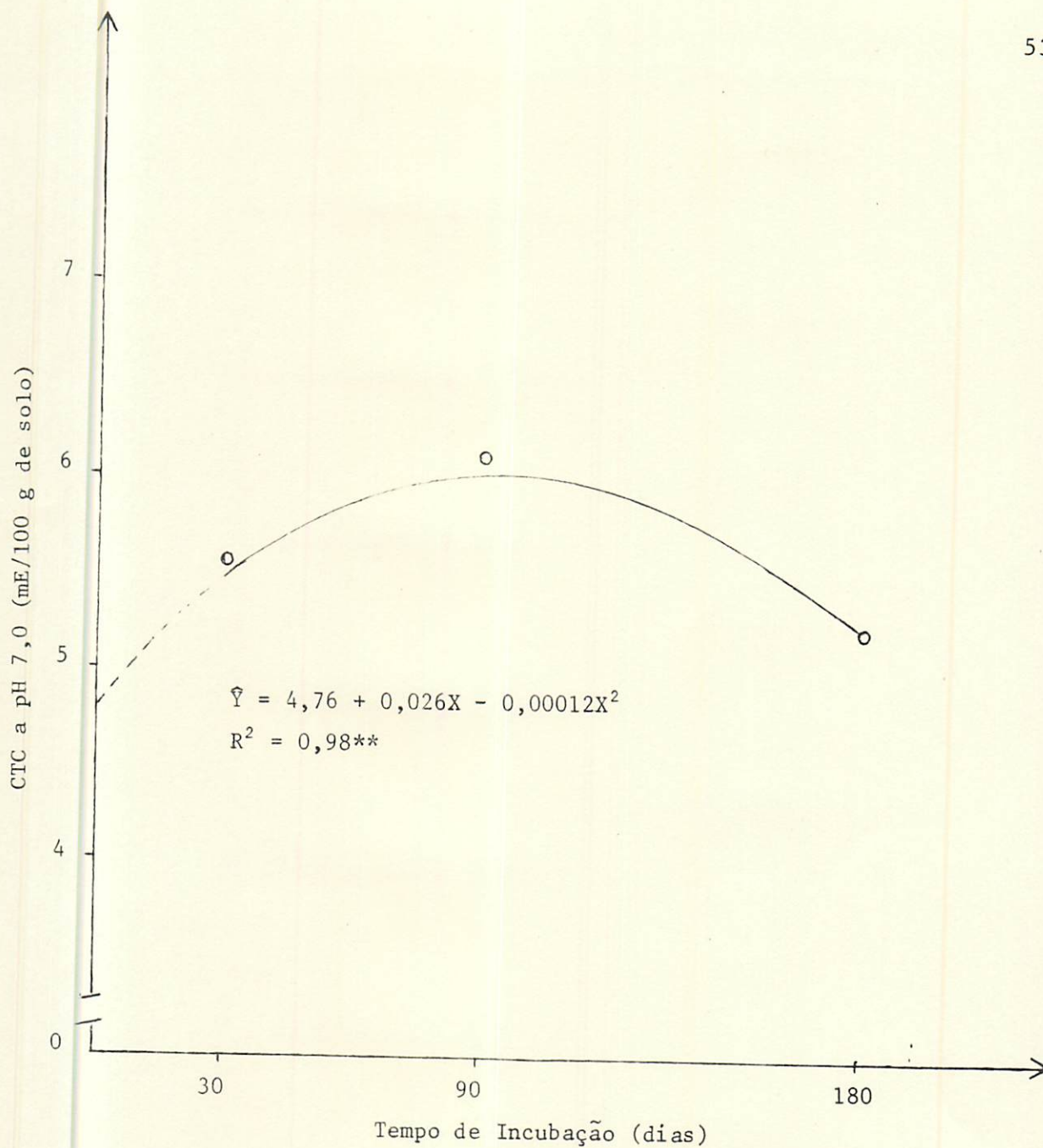


FIGURA 16 - Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LEm (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

QUADRO 19 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, incubado com corretivo (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação).

Corretivo kg/ha	Média ¹
0,0	9,98 a
1900	10,30 ab
3167	10,63 ab
4350	10,93 b

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 19 observa-se que somente houve diferença estatística entre a dose de 4350 kg de corretivo/ha e a testemunha (0,0 kg de corretivo/ha).

Pode-se observar nas figuras 17 e 18 que a regressão linear explica 99% da associação entre as variáveis estudadas.

QUADRO 20 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

Matéria orgânica (%)	Médias ¹
2,7	7,53 a
3,7	9,75 b
4,7	11,41 c
5,7	13,15 d

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

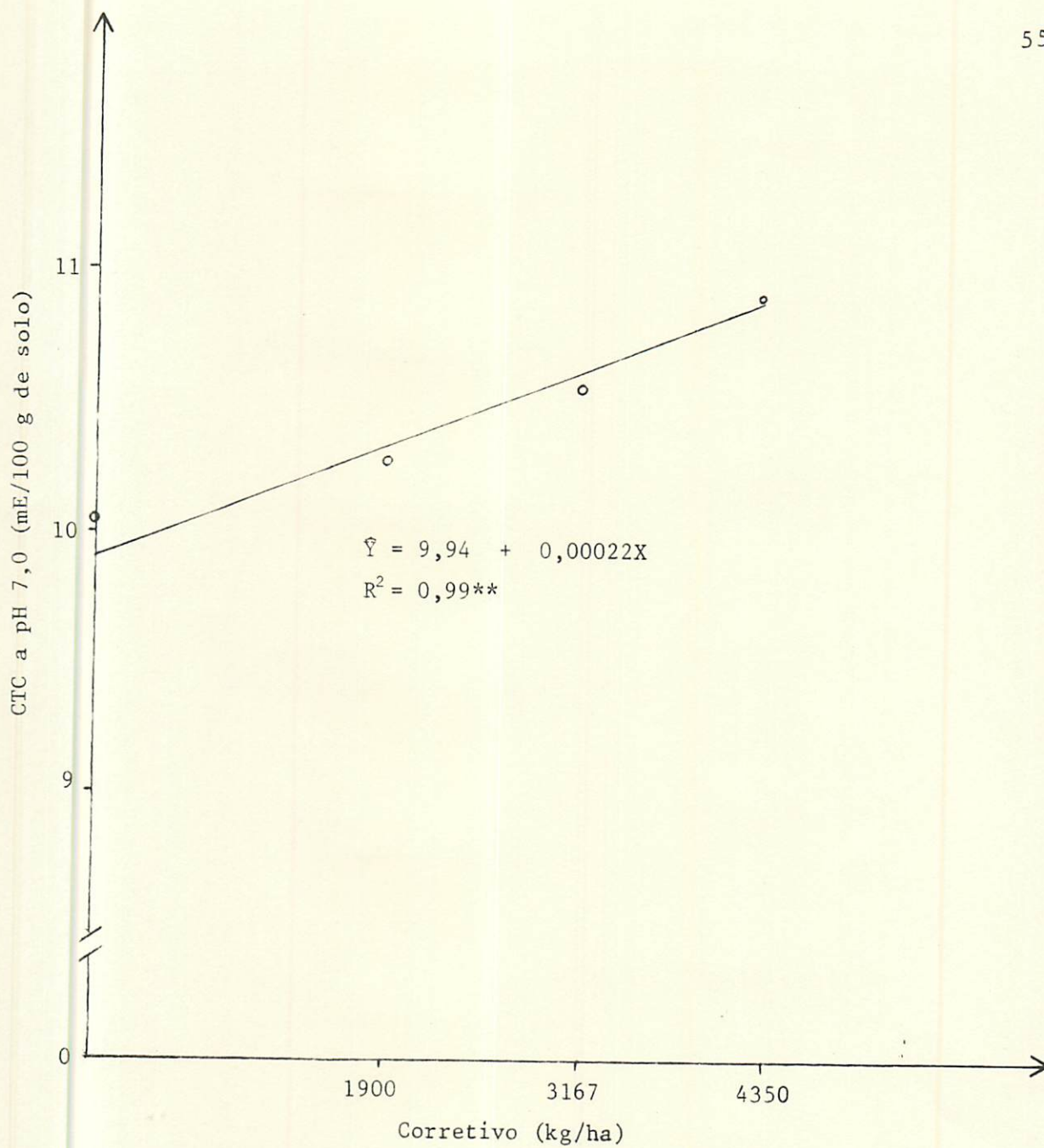


FIGURA 17 - Efeitos das doses de corretivo na CTC a pH 7,0, para o LVA (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação).

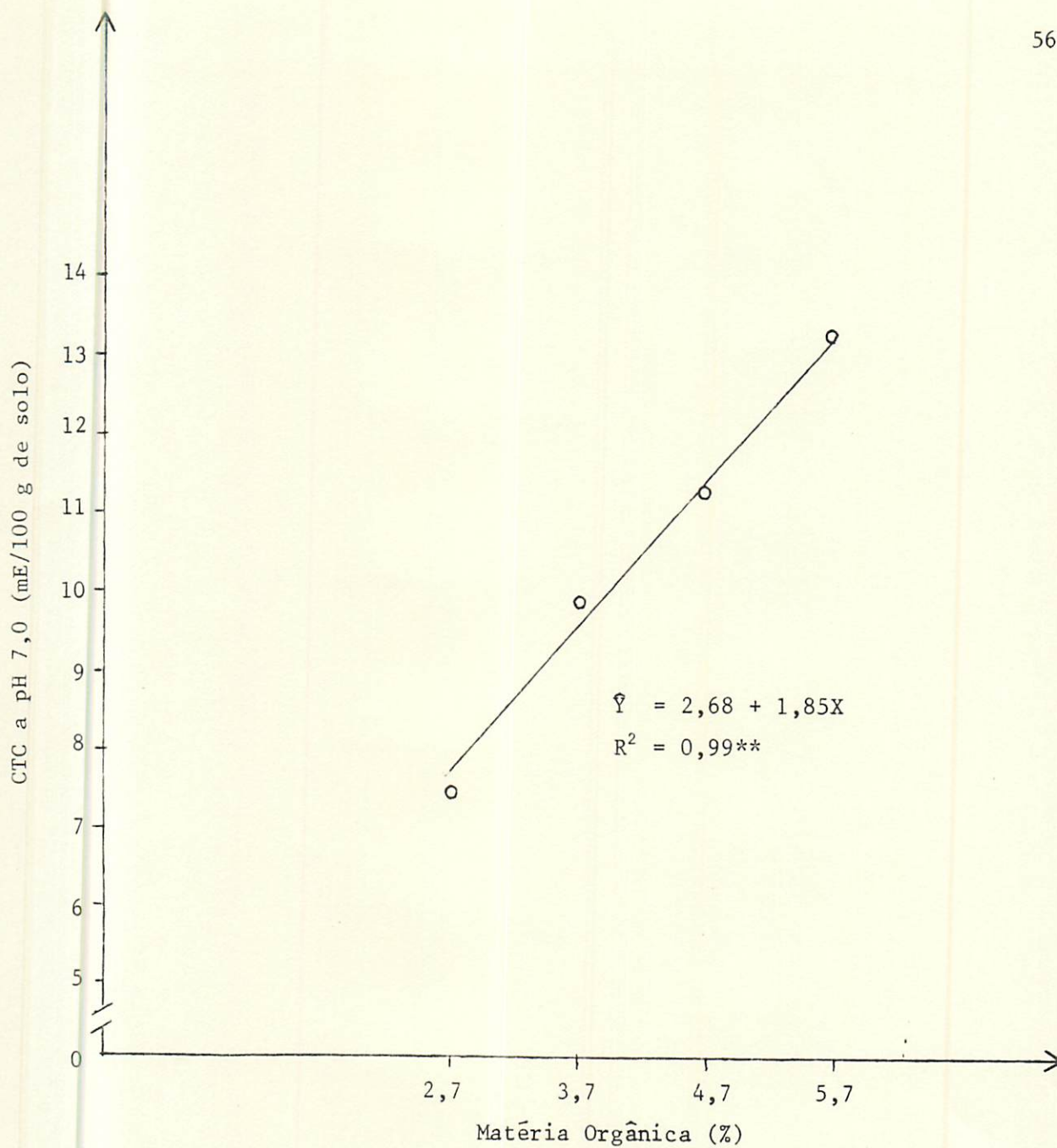


FIGURA 18 - Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LVa (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

Os resultados obtidos e expressos no quadro 20 mostram que houve aumentos significativos, na CTC a pH 7,0 a cada 1% de incremento de matéria orgânica, semelhante ao LEm, discutido no item 4.2.1.

QUADRO 21 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa, em função do tempo de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

Tempo (dias)	Médias ¹
30	9,93 a
90	11,13 b
180	10,25 a

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o LVa o tempo de incubação de 90 dias (quadro 21) apresenta-se estatisticamente superior aos demais valores máximos da CTC, na faixa de tempo estudado pode estar relacionada com a decomposição e humificação da matéria orgânica (1, 11, 13, 16 e 28) e com o pH (apêndice I).

Pode-se observar também que são pequenos, quando comparados aos aumentos devidos à incorporação de matéria orgânica (quadro 20) os aumentos de CTC decorrentes da aplicação de corretivo (quadro 19).

Na figura 19 observa-se que a regressão quadrática explica 100% da associação entre as variáveis estudadas. O valor máximo de CTC, no intervalo de tempo estudado, ocorreu aos 105 dias de incubação.

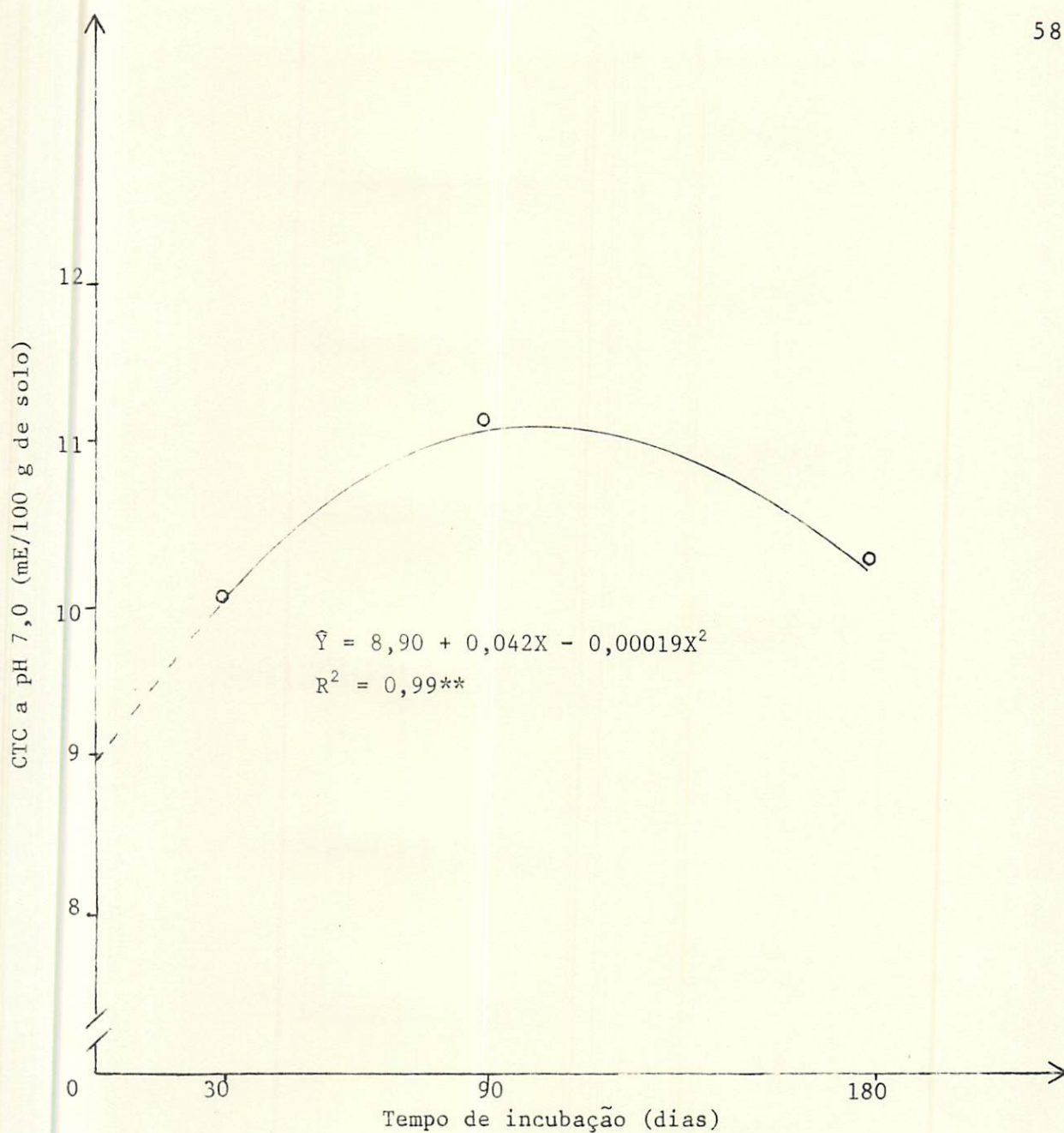


FIGURA 19 - Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LVa.
(médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

4.2.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa. LEa.

Para este solo houve resposta à aplicação de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação (quadro 36). Acredita-se que a resposta à aplicação de corretivo seja devida ao aumento de cargas dependentes, conforme já exposto no item 4.2.2.

QUADRO 22 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEa, incubado com corretivo (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação).

Corretivo (kg/ha)	Médias ¹
0,0	11,49 a
1060	11,48 a
3750	11,98 ab
7000	12,86 b

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 22 observa-se que a dose de 7000 kg apresenta-se estatisticamente igual a 3750 kg de corretivo/ha, e superior às demais. Aqui também, pode-se concluir que o aumento em CTC decorrente da aplicação de corretivo são bem menores, quando comparados aos originários da matéria orgânica.

Pode-se observar na figura 20 que a regressão linear explica 96% da associação entre as variáveis estudadas.

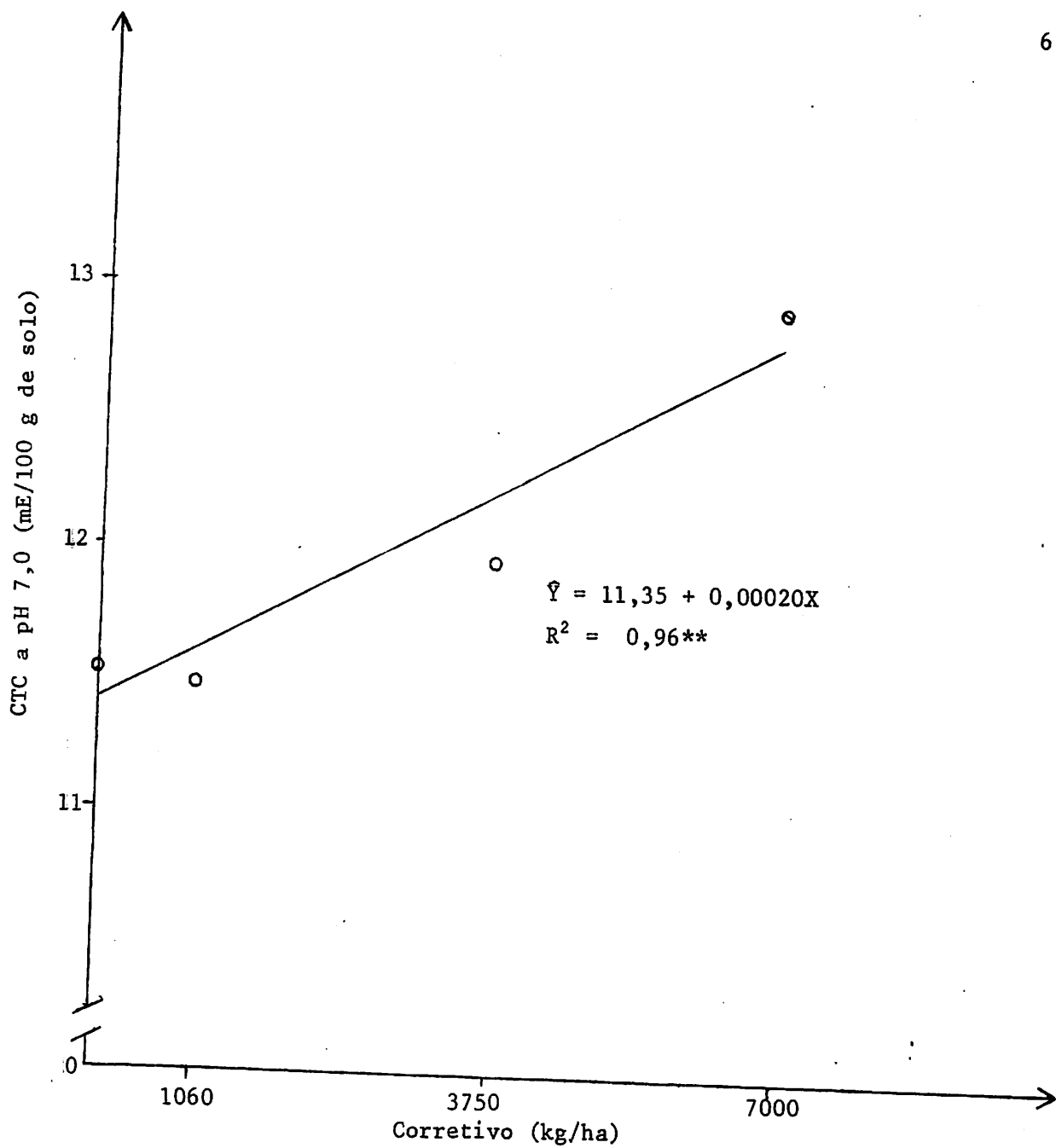


FIGURA 20 - Efeito das doses de corretivo na CTC a pH 7,0, para o LEa (médias para as doses de matéria orgânica e tempo de incubação).

QUADRO 23 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LVa incubado com matéria orgânica (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

Matéria orgânica (%)	Médias ¹
2,4	10,67 a
3,4	11,48 ab
4,4	12,35 b
5,4	13,31 c

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dos resultados obtidos e expressos no quadro 23 observa-se que a dose de 5,4% de matéria orgânica apresenta-se estatisticamente superior, em virtude do aumento do nível de matéria orgânica do solo (1, 11, 13, 16 e 29).

QUADRO 24 - CTC a pH 7,0 (mE/100 g) no LEa, em função do tempo de incubação (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

Tempo (dias)	Médias ¹
30	11,86 a
90	12,28 b
180	11,71 a

¹ Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

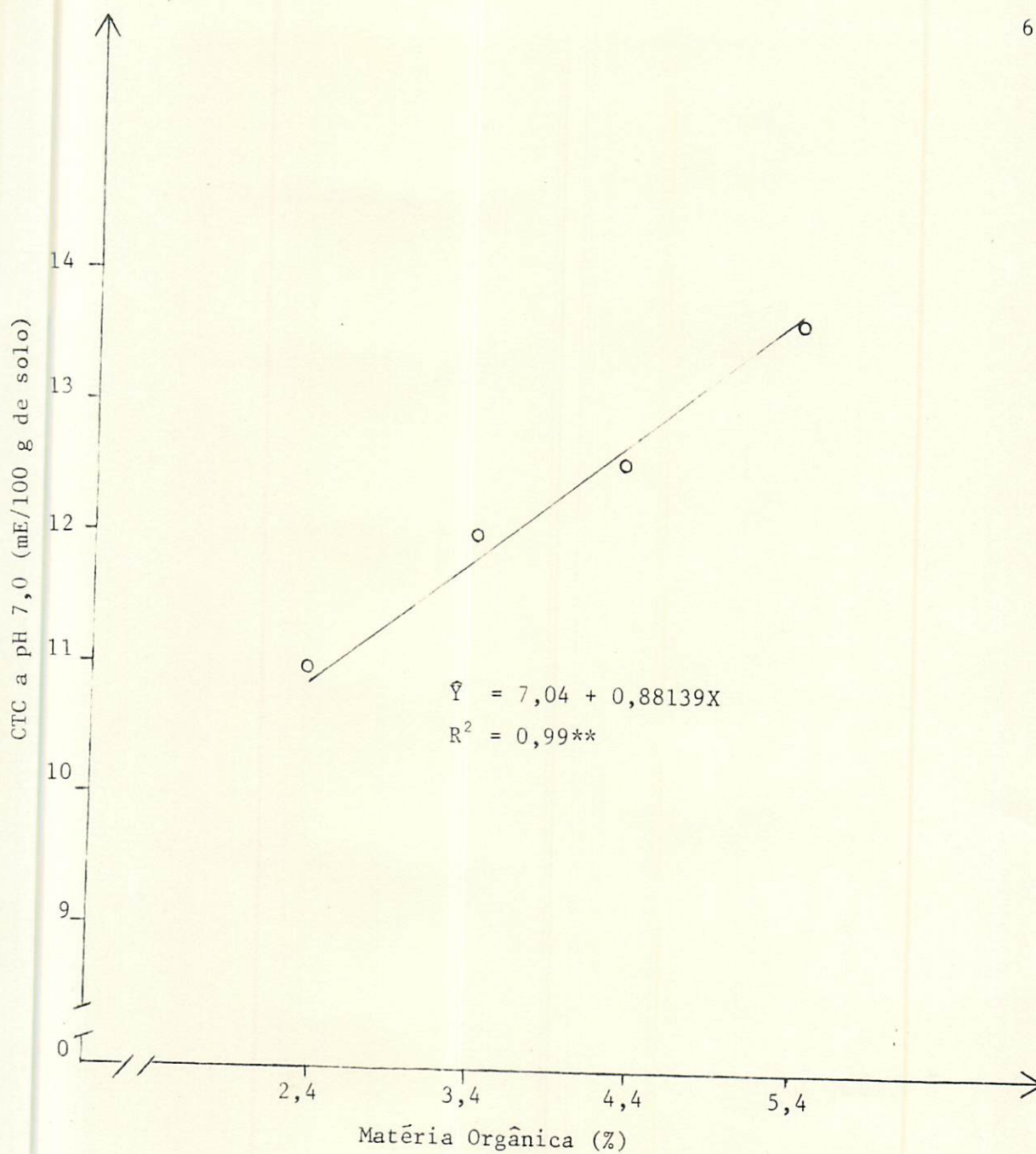


FIGURA 21 - Efeito das doses de matéria orgânica na CTC a pH 7,0, para o LEa (médias para as doses de corretivo e tempo de incubação).

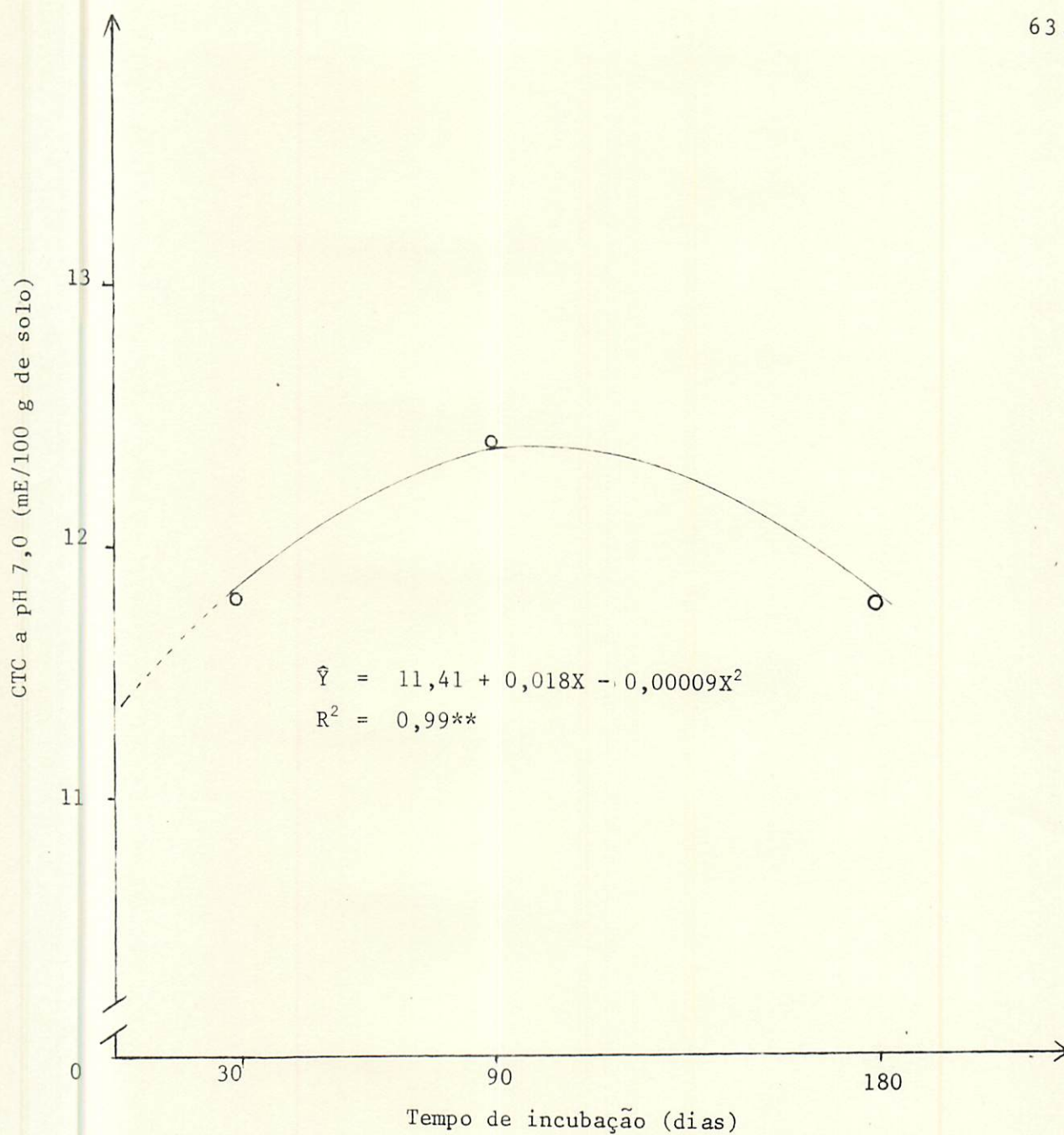


FIGURA 22 - Efeito do tempo de incubação na CTC a pH 7,0, para o LEa (médias para as doses de corretivo e matéria orgânica).

Para o LEa o tempo de 90 dias apresentou-se estatisticamente superior aos demais (quadro 24), já discutido nos itens 4.2.1 e 4.2.2.

Observa-se na figura 21 que a regressão linear explica 99% da associação entre as variáveis estudadas.

Na figura 22 observa-se que a regressão quadrática explica 100% entre as variáveis estudadas. O valor máximo de CTC, no tempo estudado, ocorreu aos 100 dias de incubação, tempo em que se espera haja máxima decomposição da matéria orgânica.

4.3. Contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0

Esta contribuição foi estimada para os valores de CTC determinadas a pH 7,0. Para isto, utilizaram-se as equações de regressão linear, que estão expressas nas figuras 15, 18 e 21. Nestas figuras têm-se os valores de CTC em função de doses de matéria orgânica, médias para as doses de corretivo e tempo de incubação. Assume-se que na dose zero de matéria orgânica, toda a CTC seja devida à fração mineral do solo. A partir de zero de matéria orgânica, a CTC do solo é decorrente da fração mineral e orgânica. As doses de 1,21, 2,7 e 2,4% correspondem à contribuição da fração orgânica ao nível natural do solo, para o LEm, LVa e LEa, respectivamente.

4.3.1. Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm).

Para este solo obteve-se a equação $\hat{Y}_i = 2,35 + 1,21 X$, onde X refere-se às doses de matéria orgânica.

QUADRO 25 - Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0 no LEm.

Matéria Orgânica (%)	CTC a pH 7,0 (mE/100g)	% de Contribuição		Aumento devido Incorporação
		F. Mineral	F.Orgânica	
0,0	2,35	100,00	0	-
1,21	3,81	61,68	38,32	-
2,21	5,02	46,81	53,19	31,97
3,21	6,23	37,72	62,28	63,52
4,21	7,44	31,59	68,41	85,28

Dos resultados estimados e expressos no quadro 25 observa-se que, ao nível natural de matéria orgânica do solo, a contribuição da fração orgânica na CTC deste solo é mínima quando comparada a esta mesma fração em solos de região temperada (14, 16, 19, 40'). Esta contribuição, em solos sob cerrado, foi devido à inexpressividade desta fração, como afirma HOEFLICH et alii (17), ou pode ser devido ao baixo pH ou condições edafo-biótico climáticas apontados por LOPES (25). Observa-se um aumento médio de 31,75% no valor da CTC, para cada 1% de matéria orgânica incorporada a este solo.

4.3.2. Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (LVa)

Para este solo obteve-se a equação $\hat{Y}_1 = 2,68 + 1,85 X$, onde X diz respeito a doses de matéria orgânica.

QUADRO 26 - Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0 no LVa.

Matéria Orgânica (%)	CTC a pH 7,0 (mE/100 g)	% de Contribuição		Aumento devido Incorporação
		F. Mineral	F. Orgânica	
0,0	2,68	100,00	0,00	-
2,7	7,68	34,90	65,10	-
3,7	9,52	28,15	71,85	23,96
4,7	11,38	23,55	76,45	48,18
5,7	13,22	20,27	77,73	72,13

Dos resultados estimados e expressos no quadro 26 observa-se que ao nível de matéria orgânica do solo há uma contribuição acentuada da fração orgânica na CTC do solo, semelhante às obtidas em outros trabalhos conduzidos em solos de região temperada (14, 16, 19, 40). Observa-se para este solo um aumento médio de 24% no valor de CTC, para cada 1% de matéria orgânica incorporada ao solo.

4.3.3. Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa (LEa)

Para este solo obteve-se a equação $\hat{Y}_1 = 7,04 + 0,88 X$, onde X se refere às doses de matéria orgânica.

QUADRO 27 - Percentagem de contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0, no LEa.

Matéria Orgânica (%)	CTC a pH 7,0 (mE/100 g)	% de contribuição		Aumento devido Incorporação
		F. Mineral	F.Orgânica	
0,0	7,04	100,00	0,00	-
2,4	9,15	76,94	23,06	-
3,4	10,03	70,19	29,81	6,75
4,4	10,91	64,53	35,47	12,41
5,4	11,79	59,71	40,71	17,65

Dos resultados estimados e expressos no quadro 27 observa-se que ao nível natural da matéria orgânica do solo há uma baixa contribuição da fração orgânica, na CTC, conforme já discutido no item 4.3.1. Observa-se um aumento médio de 5,4% no valor da CTC para cada 1% de matéria orgânica incorporada ao solo.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, com a metodologia empregada, chegou-se às seguintes conclusões :

5.1. "CTC efetiva"

5.1.1. A aplicação de corretivo e matéria orgânica aumentou significativamente a "CTC efetiva" em todos os solos estudados.

5.1.2. Os aumentos nos valores de "CTC efetiva" com doses de corretivo e matéria orgânica variam em função do tempo de incubação e tipo de solo.

5.1.3. Várias são as possibilidades para se obter uma "CTC efetiva" de 4 mE/100 g de solo utilizando-se combinações de corretivo e matéria orgânica.

5.2. CTC a pH 7,0

5.2.1. Obtiveram-se respostas lineares, na CTC a pH 7,0 com a aplicação de corretivo e matéria orgânica, exceto para o LEm, no qual não houve resposta diante da aplicação do corretivo.

5.2.2. Observou-se nos três solos resposta quadrática, na CTC a pH 7,0, em função do tempo de incubação, sendo os valores máximos próximos aos 100 dias.

5.3. Contribuição da fração mineral e orgânica na CTC a pH 7,0

5.3.1. Obteve-se um aumento médio de 32, 24 e 5% na CTC a pH 7,0, com a aplicação de 1% de matéria orgânica para o LEm, LVa e LEa, respectivamente.

6. RESUMO

Cerca de 20% do território brasileiro é ocupado por solos sob vegetação de cerrado, o que corresponde a aproximadamente 1,83 milhões de km². Dentre as várias propriedades destes solos que contribuem para sua baixa fertilidade natural destaca-se a baixa CTC, com todas as possíveis implicações na dinâmica dos cátions trocáveis nestes solos.

Algumas práticas de manejo têm sido consideradas como eficientes no processo do aumento dos níveis da CTC do solo, destacando-se a aplicação de corretivos, silicatos, fertilizantes fosfatados e matéria orgânica. A necessidade de se avaliar os efeitos da aplicação de corretivos e matéria orgânica nos valores da CTC destes solos motivou o presente trabalho.

Três amostras de solos sob vegetação de cerrado (Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LEm), Latossolo Vermelho Amarelo , argiloso (LVa) e Latossolo Vermelho Escuro, argiloso (LEa), coletados nos municípios de Uberaba, São Gotardo e Felixlândia, foram estudadas sob condições de casa de vegetação do Departamento de Ciência do

Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Os tratamentos consistiram em quatro doses de corretivo (mistura $\text{CaO}:\text{MgO}$, relação 4:1, PRNT 19%) para atingir valores de pH natural, 5,6, 6,5 e 7,0: e quatro doses de matéria orgânica (esterco de curral) para elevar em 0,0, 1, 2 e 3% o nível natural. O período de incubação das amostras em vasos com 3 kg de terra foi até 180 dias, mantendo-se a umidade 0,1 atmosfera. A avaliação dos efeitos dos tratamentos foi feita por determinações da "CTC efetiva" e CTC a pH 7,0.

O delineamento foi o inteiramente casualizado, e, as análises estatísticas no esquema de parcela sub-dividida.

Os resultados indicam que a aplicação de corretivo e matéria orgânica aumentou significativamente a "CTC efetiva" em todos os solos estudados, e que estes aumentos variaram em função de tempo de incubação e tipo de solo. Vários tipos de combinações de doses de corretivo e matéria orgânica possibilitaram atingir um nível de "CTC efetiva" de 4 mE/100 g de solo, considerado como o limite de baixo para médio por alguns autores. As respostas às aplicações de corretivo e matéria orgânica, no que respeita a CTC a pH 7,0, foram lineares; exceção para o LEm, no qual não houve resposta a doses do corretivo. Os níveis de CTC a pH 7,0 em função dos tratamentos e tempo de incubação mostraram resposta quadrática, sendo os valores de máximo, próximos a 100 dias. Observou-se ainda que a aplicação de 1% de matéria orgânica causou um aumento médio de 32,23 e 5% nos níveis da CTC a pH 7,0 no LEm, LVa e LEa, respectivamente.

7. SUMMARY

The area under "cerrado" vegetation (savanna) in Brazil occupies about 1.83 millions km², that is, roughly 20% of the country . These soils have a low natural fertility properties, including low CEC, with all possible implications in the cation exchange dynamics.

Some management practices have been considered efficient in the process of increasing CEC values, including applications of lime, silicate, phosphate fertilizers and organic matter. The objective of this study was to evaluate the effects of several rates of liming material and organic matter in the CEC levels in these soils.

Three top-soil samples under "cerrado" vegetation - Dark Red Latosol, medium texture (LEm), Red-Yellow Latosol, clayey (LVa), and Dark Red Latosol, clayey (LEa) from Uberaba, São Gotardo and Felixlândia counties, respectively - were studied under greenhouse conditions at the Department of Soil Science, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil. The treatments were : four rates of liming (CaO:MgO mixture, 4 to 1 ratio, 192% efficiency) to reach natural pH and pH values of 5.6, 6.5 and 7.0 ;

and four rates of organic matter (cattle manure): natural organic matter of the soil and natural organic matter level increased by 1, 2 and 3%. The incubation period of the samples, in pots of 3 kg, was up to 180 days, at 0.1 atm. water content. The evaluation of the effects of the treatments was measured by "effective CEC" and CEC at pH 7.0.

The experimental design was a completely randomized and the statistical analysis in the split-plot scheme.

The results indicated that liming and organic matter applications had a significant effect in increasing the "effective CEC" in all soils studied, and those increases varied as a function of incubation periods and type of soil. Several combinations of rates of liming material and organic matter allowed to reach the level of 4 mE "effective CEC"/100 g of soil, considered by some authors, as the limit between the low and medium class for this parameter.

With respect to CEC at pH 7.0, the applications of liming material and organic matter showed linear response with exception to the LEm soil, where there was no significant effects of rates of liming material. The levels of CEC at pH 7.0 as a function of the treatments and incubation period showed a quadratic response, with maximum values near 100 days. It was also observed that application of 1% organic matter led to an average increase of 34, 24 and 5% in the CEC at pH 7.0 level, for the LEm, LVa and LEa soil, respectively.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1973. 637p.
2. ALLISON, L.H. Organic carbon. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 1367-78.
3. BRAGA, J.M. Princípios básicos de química do solo. Viçosa, UFV, Centro de Ciências Agrárias, 1979. 180 p.
4. BRINDLEY, G.W. Identification of clay minerals by X-ray diffraction analysis. Clays and Clay Technology Bulletin, Washington, (169):119-30, 1955.
5. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 4.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976. 594 p.
6. CAJUSTE, L.J. Química de suelos; con un enfoque agrícola. Chapingo, Colegio de PostGraduados, 1977. 278 p.
7. CHEN, T.T. & WANG, J. Organic and inorganic fractions in humus colloidal complex the aggregates separated from certain groups

- in Taiwan. Journal of Chinese Agricultural Chemical Society, 14:155-9, 1976. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 41(8):8, abst. 4359, Aug. 1978.
8. DEFILIPO, B.V. Comparaçãõ entre métodos para determinaçãõ da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1970. 53 p. (Tese M.S.).
9. DIXON, J.B. Quantitatives analysis of kaolinitic and gibbsite in soils by differential and selective dissolution method. In : CONFERENCE OF CLAYS AND CLAY MINERALS, 14., New York, 1966. New York, Pergamon Press, 1966. p.83-9.
10. EL-SAYED, M.H. The relative contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of some calcareous and non-calcareous soils in Egypt. Egyptian Journal of Soil Science, Cairo:85-93, 1975.
11. FASSBENDER, H.W. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 397 p.
12. FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Latossolo Roxo Distrófico não saturado. Revista da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 3(2):75-7, maio/ago. 1979.
13. GILLMAN, G. & UEHARA, G. The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays. (No prelo).
14. HALLSWORTH, E.G. & WILKINSON, G.R. The contribution of clay and organic matter to cation-exchange capacity of soil. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 51:1-3, 1958.

15. HARA, T. Capacidade de troca de cátions em três solos de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1974. 74 p. (Tese M.S.).
16. HELLING, C.S.; CHESTERS, G. & CORREY, R.B. Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the saturations. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 26:263-5, 1962.
17. HOEFLICH, V.A. et alii. Sistema de produção agrícola no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO; bases para utilização agropecuária, 4., Brasília, 1976. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.37-58.
18. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1958. 498 p.
19. KADEDA, O. & BENJAMINSEN, J.N. Contribution of organic matter and clay to the cation exchange capacity of soils in the savana zone of Nigeria. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 7(2):129-44, 1976.
20. KAILA, A. Effective cation-exchange capacity in Finnish mineral soil. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, 43(3):178-186, 1971. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 35(2):15, abst. 915, Apr. 1972.
21. KELLEY, W.P. Cation exchange in soils. New York, Reinhold, 1948. 144 p.
22. KISHER, M.A. & LASHIN, A.Y. Relative contribution of some soil constituents to the cation exchange of some samples from

- Egyptian soils. Beitrage zur Tropics chen Landwirtschaft und Veteruna Medizio, 1:59-64, 1978. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 41(11):642, abst. 6223, Nov. 1978.
23. LAVTI, D.L.; GANDHI, A.P. & PALIWAL, K.V. Contribution of clay and organic matter in the cation-exchange capacity of Rajasthan soil. J. Indian Soc. Soil Sci., 17:71-4. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 33(1):3, abst. 9, Feb. 1970.
24. LOPES, A.S. Fertilidade dos solos, Lavras, ESAL, s.d. 240 p.
25. _____. A survey of the fertility states of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 137 p. (Thesis M.S.).
26. PRATT, P.F. Effect of pH on the cation exchange capacity of surface soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25(2):96-8, Mar./Apr. 1961.
27. RANZANI, G. Solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, Sao Paulo, 1962. São Paulo, EDUSP, 1963. p. 51-92.
28. SANCHEZ, B. Contribution of silt, clay and organic matter to the cation-exchange capacity of acid soils. An. Edafol. Agro biol., 28:14-23, 1969. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 33(1):3, abst. 8, Feb. 1970.
29. SANCHEZ, P.A. Properties and management of soil in the tropics. New York, J. Wiley, 1976. 617 p.
30. SAWHNEY, B.L. Charge characteristics of soil as affected by phosphate sorption. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38(1):159-60, Jan./Feb. 1974.

31. SCHALSCHA, E.B.; PRATT, P.F. & SOTO, D. Effect of phosphate adsorption on the cation-exchange capacity of volcanic ash soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 38(3): 539-40, May/June 1974.
32. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão Permanente de Método de Trabalho de Campo. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Manual de métodos de trabalho de campo; 2^a. aproximação. Rio de Janeiro, 1967. 33 p.
33. TAMIMI, Y.N.; UCHIDA, R.S. & MATSUYAMA, D.T. The importance of the pH dependency of charge in tropical soils on crop fertilizer management. Proceedings: Planning and Organization Meeting Fertilizer I.N.P.U.T.S.; (Increasing Productivity under Tight Supplies) Profet. Honolulu; East-West Food Institute, 1975. 81-90. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 39(3): 153, abst. 1704, Mar. 1976.
34. VAN RAIJ, B. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. Bragantia, Campinas, 28(8):85-122, mar. 1969.
35. VERDADE, F. da C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. Bragantia, Campinas, 15(4):35-42, jan. 1956.
36. VETTORI, F.C. Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, E.P.E., 1960. (Boletim Técnico, 7).
37. WIKLANDER, L. The influence of anions on adsorption and leaching of cations in soils. Grundförbättring (1975/1976) 27(4): 125-35. In: SOILS AND FERTILIZERS, London, 42(1):3, abst.

55, Jan. 1979.

38. WRIGHT, W.R. & FOSS, J.E. Contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of Maryland soil . Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 36(1):115-8, Jan./Feb. 1972.
39. WUTKE, A.C.P. & CAMARGO, O.A. de. Adsorção e troca iônica. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono , 1972. pt. 2, cap. 11, p. 125-48.
40. YUAN, T.L.; GAMMON JR., N. & LEIGHTY, R.G. Relative contribution of organic and clay fractions to cation-exchange capacity of sandy soils from several groups. Soil Science, Baltimore, 104(2):123-8, Aug. 1967.

APÊNDICE I

QUADRO 28 - Características químicas do LEm em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC "efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
0000	6,13	5,61	-0,52	5,55	94,45	1,26
1000	6,51	4,97	-1,54	14,56	85,44	1,53
2000	6,02	5,47	-0,55	3,53	96,47	1,32
3000	6,34	5,83	-0,51	2,18	97,82	1,15
4000	6,63	6,17	-0,46	1,95	98,05	1,05
0100	5,43	4,86	-0,57	16,59	83,41	1,64
1100	4,49	4,09	-0,40	51,55	48,45	2,17
2100	5,23	4,54	-0,69	8,43	91,57	1,88
3100	5,73	5,12	-0,61	3,48	96,52	1,37
4100	6,25	5,69	-0,56	2,89	97,11	1,15
0200	6,05	5,49	-0,56	2,40	97,60	1,22
1200	5,41	4,69	-0,72	3,06	96,94	1,56
2200	5,99	5,37	-0,62	2,43	87,56	1,24
3200	6,26	5,76	-0,50	2,15	97,85	1,11
4200	6,54	6,12	-0,42	1,95	98,05	0,97
0300	6,40	5,89	-0,51	1,76	98,24	1,10
1300	5,93	5,31	-0,62	2,02	97,98	1,22
2300	6,33	5,84	-0,49	1,79	98,21	1,10
3300	6,57	6,12	-0,45	1,67	98,33	1,07
4300	6,76	6,30	-0,46	1,58	98,42	1,00
0400	6,63	6,19	-0,44	1,47	98,53	1,09
1400	6,22	5,73	-0,49	1,60	98,40	1,18

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Satuação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Satuação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
2400	6,54	6,13	-0,41	1,44	98,56	1,05
3400	6,81	6,34	-0,47	1,43	98,57	1,07
4400	6,96	6,57	-0,39	1,40	98,60	1,08
0010	6,34	5,80	-0,54	5,72	94,28	1,27
1010	5,78	5,19	-0,59	15,08	84,92	1,52
2010	6,22	5,67	-0,55	3,43	96,56	1,31
3010	6,55	6,02	-0,53	2,30	97,70	1,23
4010	6,82	6,33	-0,49	2,05	97,95	1,04
0110	5,58	5,03	-0,55	16,91	83,08	1,59
1110	4,72	4,23	-0,49	53,22	46,78	1,96
2110	5,33	4,70	-0,63	7,74	92,26	1,85
3110	5,90	5,30	-0,60	3,66	96,34	1,41
4110	6,38	5,90	-0,48	3,04	96,96	1,14
0210	6,19	5,65	-0,54	2,55	97,44	1,27
1210	5,63	4,92	-0,71	3,28	96,72	1,67
2210	6,08	5,52	-0,56	2,57	97,42	1,16
3210	6,38	5,92	-0,46	2,28	97,72	1,26
4210	6,65	6,23	-0,42	2,09	97,91	0,99
0310	6,63	6,12	-0,51	1,85	98,15	1,10
1310	6,18	5,58	-0,60	2,11	97,89	1,14
2310	6,57	6,08	-0,49	1,88	98,12	1,13
3310	6,78	6,35	-0,43	1,77	98,23	1,15
4310	6,97	6,42	-0,55	1,63	98,37	0,99
0410	6,97	6,41	-0,56	1,55	98,45	1,13

../.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
1410	6,58	6,03	-0,55	1,73	98,27	1,32
2410	6,90	6,37	-0,53	1,54	98,46	1,07
3410	7,12	6,50	-0,62	1,51	98,49	1,08
4410	7,27	6,75	-0,52	1,44	98,56	1,05
0020	6,16	5,61	-0,55	5,58	94,42	1,40
1020	5,47	4,90	-0,57	14,45	85,55	1,71
2020	6,07	5,47	-0,60	3,68	96,32	1,51
3020	6,40	5,86	-0,54	2,20	97,80	1,23
4020	6,73	6,22	-0,51	1,98	98,02	1,15
0120	5,44	4,83	-0,61	16,60	83,40	1,90
1120	4,38	4,05	-0,33	51,00	49,00	2,47
2120	5,27	4,52	-0,75	8,93	91,07	2,24
3120	5,80	5,08	-0,72	3,53	96,47	1,54
4120	6,30	5,67	-0,63	2,94	97,06	1,34
0220	6,13	5,51	-0,62	2,38	97,62	1,31
1220	5,38	4,63	-0,75	3,06	96,94	1,68
2220	6,05	5,37	-0,68	2,41	97,59	1,44
3220	6,38	5,82	-0,56	2,12	97,88	1,08
4220	6,68	6,22	-0,46	1,93	98,07	1,04
0320	6,45	5,92	-0,53	1,82	98,18	1,22
1320	5,97	5,28	-0,69	2,10	97,90	1,46
2320	6,43	5,88	-0,55	1,88	98,12	1,22
3320	6,57	6,15	-0,42	1,71	98,29	1,11

./..

../.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
4320	6,85	6,35	-0,50	1,60	98,40	1,08
0420	6,64	6,20	-0,44	1,50	98,50	1,17
1420	6,15	5,63	-0,52	1,63	98,37	1,22
2420	6,52	6,10	-0,42	1,49	98,51	1,14
3420	6,55	6,22	-0,33	0,99	99,01	1,39
4420	6,83	6,43	-0,40	0,92	99,08	1,36
0030	5,93	5,44	-0,49	3,04	96,96	1,27
1030	5,28	4,81	-0,47	8,41	91,59	1,48
2030	5,88	5,34	-0,54	1,52	98,48	1,31
3030	6,17	5,67	-0,50	1,18	98,82	1,17
4030	6,40	5,95	-0,45	1,03	98,97	1,12
0130	5,45	4,85	-0,60	9,01	90,99	1,63
1130	4,38	3,98	-0,40	29,95	70,05	2,11
2130	5,23	4,58	-0,65	2,83	97,17	1,75
3130	5,50	4,97	-0,53	3,24	96,76	1,16
4130	6,25	5,62	-0,63	1,46	98,54	1,27
0230	5,94	5,39	-0,55	1,27	98,73	1,23
1230	5,23	4,65	-0,58	1,63	98,37	1,46
2230	5,95	5,30	-0,65	1,38	98,62	1,32
3230	6,22	5,68	-0,54	1,12	98,88	1,08
4230	6,35	5,93	-0,42	0,96	99,04	1,04
0330	6,12	5,70	-0,42	1,03	98,97	1,16
1330	5,68	5,20	-0,48	1,18	98,82	1,26
2330	6,13	5,67	-0,46	1,02	98,98	1,11

./..

.../.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
3330	6,22	5,82	-0,40	1,00	99,00	1,16
4330	6,45	6,10	-0,35	0,92	99,08	1,11
0430	6,20	5,83	-0,37	0,83	99,17	1,06
1430	5,80	5,40	-0,40	0,90	99,10	1,07
2430	6,18	5,82	-0,36	0,85	99,25	1,08
3430	6,28	5,95	-0,33	0,79	99,21	1,06
4430	6,53	6,15	-0,38	0,80	99,20	1,04

* O tratamento A refere-se ao fator corretivo, o B ao fator matéria orgânica, o C ao fator tempo de incubação e o D a repetição. Os números 1, 2, 3 e 4 referem-se as médias da primeira, segunda, terceira e quarta doses em que o fator foi utilizado. Quando se tem nos tratamentos A,B,C e D os números 0000 isto indica a média geral do ensaio.

QUADRO 29 - Características químicas do LVA em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%	Valor K
0000	6,12	5,59	-0,53	3,36	96,64	1,43
1000	5,47	4,93	-0,54	9,40	90,60	1,72
2000	6,04	5,47	-0,57	1,57	98,43	1,46
3000	6,35	5,83	-0,52	1,30	98,70	1,30
4000	6,61	6,13	-0,48	1,17	98,83	1,24
0100	5,64	4,97	-0,67	9,89	90,11	1,76
1100	4,52	4,07	-0,45	33,39	66,61	2,42
2100	5,43	4,68	-0,75	2,66	97,34	1,83
3100	6,13	5,34	-0,79	1,90	98,10	1,47
4100	6,47	5,80	-0,67	1,61	98,39	1,30
0200	6,13	5,53	-0,60	1,45	98,55	1,41
1200	5,43	4,74	-0,69	1,88	98,12	1,74
2200	6,09	5,45	-0,64	1,48	98,52	1,45
3200	6,39	5,82	-0,57	1,29	98,71	1,28
4200	6,59	6,12	-0,47	1,14	98,86	1,18
0300	6,32	5,84	-0,48	1,13	98,87	1,29
1300	5,86	5,31	-0,55	1,29	98,71	1,40
2300	6,28	5,77	-0,51	1,14	98,86	1,29
3300	6,45	6,02	-0,43	1,07	98,93	1,23
4300	6,67	6,27	-0,40	1,02	98,98	1,23
0400	6,39	6,01	-0,38	0,96	99,04	1,26
1400	6,05	5,58	-0,47	1,04	98,96	1,31

../.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
2400	6,37	5,99	-0,38	0,98	99,02	1,27
3400	6,44	6,14	-0,30	0,92	99,08	1,23
4400	6,69	6,33	-0,36	0,89	99,11	1,24
0010	6,22	5,73	-0,49	3,46	96,54	1,44
1010	5,59	5,09	-0,50	9,63	90,37	1,78
2010	6,15	5,62	-0,53	1,60	98,40	1,45
3010	6,45	5,96	-0,49	1,36	98,64	1,28
4010	6,70	6,24	-0,46	1,25	98,75	1,24
0110	5,73	5,08	-0,65	10,04	89,96	1,68
1110	4,58	4,15	-0,43	33,91	66,09	2,40
2110	5,50	4,78	-0,72	2,63	97,37	1,77
3110	6,23	5,47	-0,76	1,92	98,08	1,34
4110	6,60	5,93	-0,67	1,72	98,28	1,20
0210	6,26	5,69	-0,57	1,55	98,45	1,45
1210	5,58	4,90	-0,68	2,08	97,92	1,88
2210	6,27	5,65	-0,62	1,51	98,49	1,42
3210	6,48	5,97	-0,51	1,38	98,62	1,31
4210	6,70	6,23	-0,47	1,22	98,78	1,19
0310	6,43	5,99	-0,44	1,20	98,80	1,31
1310	6,00	5,52	-0,48	1,37	98,63	1,44
2310	6,40	5,90	-0,50	1,20	98,80	1,32
3310	6,57	6,17	-0,40	1,14	98,86	1,20
4310	6,77	6,38	-0,39	1,09	98,91	1,27
0410	6,47	6,15	-0,32	1,04	98,96	1,31

./..

../.

Tratamento* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
1410	6,20	5,80	-0,40	1,14	98,86	1,39
2410	6,45	6,15	-0,30	1,06	98,94	1,30
3410	6,50	6,25	-0,25	0,99	99,01	1,26
4410	6,72	6,42	-0,30	0,96	99,04	1,31
0020	6,20	5,60	-0,60	3,58	96,42	1,58
1020	5,53	4,88	-0,65	10,17	89,83	1,90
2020	6,10	5,46	-0,64	1,59	98,41	1,61
3020	6,45	5,86	-0,59	1,35	98,65	1,47
4020	6,73	6,20	-0,53	1,22	98,78	1,36
0120	5,73	4,98	-0,75	10,62	89,38	1,96
1120	4,60	4,07	-0,53	36,32	63,68	2,74
2120	5,55	4,68	-0,87	2,53	97,47	1,97
3120	6,20	5,33	-0,87	1,97	98,03	1,71
4120	6,55	5,85	-0,70	1,66	98,34	1,44
0220	6,19	5,52	-0,67	1,53	98,47	1,56
1220	5,48	4,68	-0,80	1,93	98,07	1,87
2220	6,07	5,40	-0,67	1,56	98,44	1,61
3220	6,47	5,80	-0,67	1,38	98,62	1,44
4220	6,73	6,20	-0,53	1,25	98,75	1,32
0320	6,40	5,84	-0,56	1,16	98,84	1,40
1320	5,90	5,22	-0,68	1,32	98,68	1,52
2320	6,32	5,75	-0,57	1,20	98,80	1,43
3320	6,57	6,08	-0,49	1,07	98,93	1,33

./..

../.

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
4320	6,80	6,32	-0,48	1,05	98,95	1,32
0420	6,50	6,05	-0,45	1,01	98,99	1,41
1420	6,15	5,55	-0,60	1,09	98,91	1,47
2420	6,48	6,00	-0,48	1,04	98,96	1,43
3420	6,83	6,40	-0,43	1,45	98,55	1,17
4420	7,07	6,67	-0,40	1,44	98,56	1,15
0030	5,88	5,41	-0,47	5,37	94,63	1,12
1030	5,29	4,78	-0,51	14,14	85,86	1,37
2030	5,78	5,28	-0,50	3,47	96,53	1,14
3030	6,08	5,63	-0,45	2,04	97,96	1,01
4030	6,35	5,95	-0,40	1,84	98,17	0,95
0130	5,26	4,72	-0,54	16,24	83,76	1,44
1130	4,38	4,00	-0,38	50,42	49,58	2,09
2130	5,10	4,42	-0,68	8,63	91,37	1,54
3130	5,50	4,97	-0,53	3,24	96,76	1,16
4130	6,07	5,50	-0,57	2,69	97,31	0,96
0230	5,83	5,30	-0,53	2,26	97,74	1,08
1230	5,20	4,49	-0,71	2,86	97,14	1,34
2230	5,83	5,22	-0,61	2,32	97,68	1,12
3230	6,00	5,55	-0,45	2,05	97,95	0,98
4230	6,30	5,92	-0,38	1,82	98,18	0,87
0330	6,12	5,65	-0,47	1,62	98,38	0,97
1330	5,65	5,07	-0,58	1,84	98,16	1,06

../.

../.

Tratamentos*	pH	pH	Δ	Saturação de	Saturação de	Valor
ABCD	H ₂ O	KCl	pH	Al ³⁺ da "CTC	Bases da "CTC	K
				efetiva"	efetiva"	
				-%-	-%-	
2330	6,00	5,55	-0,45	1,61	98,39	0,95
3330	6,35	5,87	-0,48	1,54	98,46	0,95
4330	6,47	6,10	-0,37	1,50	98,50	0,93
0430	6,29	5,97	-0,32	1,35	98,65	0,98
1430	5,93	5,53	-0,40	1,43	98,57	1,00
2430	6,20	5,93	-0,27	1,31	98,69	0,94
3430	6,47	6,12	-0,35	1,32	98,68	0,96
4430	6,55	6,30	-0,25	1,33	98,67	1,02

* O tratamento A refere-se ao fator corretivo, o B ao fator matéria orgânica, o C ao fator tempo de incubação e o D a repetição. Os números 1, 2, 3 e 4 referem-se as médias da primeira, segunda, terceira e quarta doses em que o fator foi utilizado. Quando se tem nos tratamentos A, B, C e D os números 0000 isto indica a média geral do ensaio.

QUADRO 30 - Características químicas do LEa em função de doses de corretivo, matéria orgânica e tempo de incubação.

Tratamentos* ABCD	pH K ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
0000	5,74	5,35	-0,39	5,55	94,45	3,03
1000	5,10	4,73	-0,37	14,46	85,54	4,82
2000	5,38	4,94	-0,44	4,58	95,43	3,36
3000	5,93	5,51	-0,42	1,85	98,15	2,27
4000	6,56	6,23	-0,33	1,30	98,67	1,65
0100	5,33	5,12	-0,21	15,69	84,31	4,91
1100	4,33	4,25	-0,08	47,19	52,81	9,63
2100	4,89	4,62	-0,27	11,46	88,54	5,45
3100	5,68	5,31	-0,37	2,59	97,41	2,80
4100	6,49	6,21	-0,28	1,53	98,47	1,76
0200	5,73	5,29	-0,44	3,15	96,85	2,92
1200	5,12	4,64	-0,48	6,21	93,79	4,37
2200	5,34	4,86	-0,48	3,06	96,94	3,36
3200	5,87	5,44	-0,43	1,94	98,06	2,25
4200	6,58	6,22	-0,36	1,37	98,63	1,69
0300	5,88	5,44	-0,44	1,84	98,15	2,29
1300	5,42	4,86	-0,56	2,56	97,44	2,85
2300	5,52	5,05	-0,47	2,13	97,94	2,49
3300	6,03	5,59	-0,44	1,52	98,48	2,23
4300	6,57	6,25	-0,32	1,14	98,75	1,58
0400	6,04	5,57	-0,47	1,53	98,47	1,99
1400	5,63	5,08	-0,55	1,89	98,11	2,43

.. / .

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
2400	5,78	5,24	-0,54	1,68	98,32	2,15
3400	6,13	5,71	-0,42	1,36	98,64	1,80
4400	6,61	6,24	-0,37	1,18	98,82	1,58
0010	5,95	5,48	-0,47	5,27	94,71	3,18
1010	5,45	4,88	-0,57	13,71	86,29	5,09
2010	5,57	5,08	-0,49	4,01	95,99	3,38
3010	6,09	5,65	-0,44	2,00	98,00	2,56
4010	6,69	6,30	-0,39	1,36	98,55	1,70
0110	5,46	5,20	-0,26	14,43	85,57	4,93
1110	4,53	4,43	-0,10	44,60	55,40	10,08
2110	5,02	4,70	-0,32	8,79	91,21	5,04
3110	5,72	5,40	-0,32	2,71	97,29	2,82
4110	6,57	6,28	-0,29	1,60	98,40	1,78
0210	5,91	5,40	-0,51	3,09	96,91	3,16
1210	5,50	4,78	-0,72	5,45	94,55	4,81
2210	5,45	4,95	-0,50	3,26	96,74	3,53
3210	6,00	5,58	-0,42	2,21	97,79	2,60
4210	6,68	6,27	-0,41	1,43	98,57	1,71
0310	6,14	5,58	-0,56	1,97	97,95	2,54
1310	5,78	5,03	-0,75	2,81	97,19	2,85
2310	5,77	5,22	-0,55	2,17	97,83	2,64
3310	6,28	5,75	-0,53	1,63	98,37	2,99
4310	6,73	6,33	-0,40	1,28	98,39	1,67
0410	6,28	5,72	-0,56	1,59	98,41	2,10

. / . .

../. .

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
1410	5,97	5,28	-0,69	1,99	98,01	2,61
2410	6,03	5,43	-0,60	1,80	98,20	2,29
3410	6,35	5,87	-0,48	1,44	98,56	1,84
4410	6,77	6,32	-0,45	1,15	98,85	1,65
0020	5,81	5,37	-0,44	5,79	94,22	3,14
1020	5,07	4,67	-0,40	14,98	85,02	5,03
2020	5,43	4,93	-0,50	4,96	95,10	3,60
3020	6,02	5,53	-0,49	1,86	98,14	2,23
4020	6,73	6,35	-0,38	1,36	98,64	1,71
0120	5,39	5,13	-0,26	16,37	83,63	5,14
1120	4,30	4,20	-0,10	48,59	51,41	9,94
2120	4,92	4,62	-0,30	12,79	87,21	6,09
3120	5,77	5,30	-0,47	2,60	97,40	2,74
4120	6,67	6,32	-0,35	1,50	98,50	1,78
0220	5,79	5,30	-0,49	3,29	96,71	3,02
1220	5,10	4,60	-0,50	6,85	93,15	4,62
2220	5,42	4,83	-0,59	3,03	96,97	3,44
3220	5,93	5,43	-0,50	1,91	98,09	2,25
4220	6,70	6,32	-0,38	1,38	98,61	1,79
0320	5,95	5,45	-0,50	1,92	98,13	2,35
1320	5,38	4,80	-0,58	2,61	97,39	3,11
2320	5,55	5,02	-0,53	2,32	97,88	2,64
3320	6,13	5,62	-0,51	1,54	98,46	1,99
4320	6,73	6,37	-0,36	1,21	98,79	1,65

../. .

./...

Tratamentos* ABCD	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Saturação de Al ³⁺ da "CTC efetiva" -%-	Saturação de Bases da "CTC efetiva" -%-	Valor K
0420	6,12	5,60	-0,52	1,57	98,43	2,06
1420	5,58	5,00	-0,58	1,88	98,12	2,47
2420	5,83	5,23	-0,60	1,68	98,32	2,22
3420	6,23	5,75	-0,48	1,39	98,61	1,95
4420	6,82	6,42	-0,40	1,34	98,66	1,62
0030	5,48	5,21	-0,27	5,60	94,40	2,75
1030	4,80	4,62	-0,18	14,70	85,30	4,34
2030	5,15	4,83	-0,32	4,79	95,21	3,12
3030	5,68	5,36	-0,32	1,71	98,29	2,21
4030	6,27	6,04	-0,23	1,19	98,81	1,54
0130	4,25	4,02	-0,23	48,38	51,62	4,66
1130	4,73	4,55	-0,18	16,29	83,72	5,22
2130	5,14	5,02	-0,12	12,80	87,20	8,86
3130	5,57	5,23	-0,34	2,47	97,53	2,83
4130	6,23	6,03	-0,20	1,49	98,51	1,73
0230	5,48	5,19	-0,29	3,06	96,94	2,56
1230	4,75	4,55	-0,20	6,34	93,66	3,67
2230	5,15	4,80	-0,35	2,90	97,10	3,11
3230	5,68	5,32	-0,36	1,70	98,30	1,90
4230	6,35	6,08	-0,27	1,29	98,71	1,56
0330	5,56	5,28	-0,28	1,62	98,38	1,98
1330	5,08	4,73	-0,35	2,27	97,73	2,60
2330	5,23	4,92	-0,31	1,90	98,10	2,20
3330	5,67	5,40	-0,27	1,40	98,60	1,70

./..

APÉNDICE II

QUADRO 31 - Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o Lm, Lva e Lea.

Causa de Variação	G.L.	Lm	Lva	Lea
Corretivo	3	15,064**	43,460**	148,491**
Materia Orgânica	3	128,161**	233,821*	88,531**
Corretivo x Materia Orgânica	9	0,569**	1,163**	1,026**
Erro A	32	0,057	0,261	0,308
Tempo	2	5,317**	28,699**	6,418 *
Corretivo x Tempo	6	2,022	0,466	0,537**
Materia Orgânica x Tempo	6	0,327**	0,020**	0,443*
Corretivo x Materia Orgânica x Tempo	18	0,039	0,160	0,179
Erro B	64	0,057	0,209	0,162
CV parcela (%)		4,91	6,53	10,67
CV subparcela (%)		4,91	5,83	7,74

** Significativo ao nível de 1%

* Significativo ao nível de 5%

QUADRO 32 - Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o Lm, Lva e Lfa, mostrando o desdobramento da interação "corretiva dentro de matéria orgânica".

Causa de variação	G.L.	Lm	Lva	Lfa
Corretivo:Matéria Orgânica 1	(3)	(18,393)**	(53,229)**	(159,850)**
Regressão linear	1	17,658 **	52,590 **	159,786 **
Desvio de regressão	2	0,735 **	0,639	0,064
Corretivo: Matéria Orgânica 2	(3)	(17,087)**	(50,850)**	(122,763)**
Regressão linear	1	16,797 **	50,762 **	122,727 **
Desvio de regressão	2	0,290 *	0,088	0,036
Corretivo: Matéria Orgânica 3	(3)	(9,655)**	(21,358)**	(94,634)**
Regressão linear	1	9,940 **	21,208 **	94,599 **
Desvio de regressão	2	0,215 *	0,150	0,035
Corretivo: Matéria Orgânica 4	(3)	(3,660)**	(14,581)**	(77,033)**
Regressão linear	1	3,385 **	14,483 **	76,998 **
Desvio de regressão	2	0,275 *	0,098	0,035
Erro A	32	0,057	0,261	0,308
Tempo	2	5,317 **	58,699 **	6,418 **
Corretivo x Tempo	6	0,022	2,466	0,537 **
Matéria Orgânica x Tempo	6	0,327 **	2,022 **	0,443 *
Corretivo x Matéria Orgânica x Tempo	18	0,039	0,160	0,179
Erro A	64	0,057	0,209	0,162
CV parcela (%)		4,91	6,53	10,67
CV subparcela (%)		4,91	5,83	7,74

* Significativo ao nível de 5%
 ** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 33 - Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o Lm, Lva e Lea, mostrando o desdobramento da interação "matéria orgânica dentro de corretivo".

Causa de variação	G.L.	Lm	Lva	Lea
Corretivo	3	15,064**	43,460**	148,491**
Matéria Orgânica : Corretivo ₁	(3)	(113,172)**	(225,033)**	(92,453)**
Resposta linear	1	112,990**	224,694**	92,181**
Desvio de regressão	2	0,182	0,339*	0,272
Matéria Orgânica : Corretivo ₂	(3)	(119,251)**	(199,220)**	(86,283)**
Resposta linear	1	118,669**	197,071**	86,093**
Desvio de regressão	2	0,582*	2,149	0,190
Matéria Orgânica : Corretivo ₃	(3)	(85,975)**	(157,395)**	(60,021)**
Resposta linear	1	85,352**	155,959**	59,896**
Desvio de regressão	2	0,623*	1,436**	0,125
Matéria Orgânica : Corretivo ₄	(3)	(68,859)**	(127,406)**	(35,315)**
Resposta linear	1	67,900**	126,360**	35,144**
Desvio de regressão	2	0,959**	1,046**	0,171
Erro	32	0,057	0,261	0,308
CV parcela (%)		4,91	6,53	10,67

* Significativo ao nível de 5%
 ** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 34 - Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o Lm, Lva e Lea, mostran-
do o desdobramento da interação "matéria orgânica dentro do tempo de incubação".

Causa de variação	G.L.	Lm	Lva	Lea
Tempo	2	5,317	28,699**	6,418**
Calçário x Tempo	6	0,022	0,866	0,537**
Materia Orgânica : Tempo 1	(3)	(116,185)**	(184,438)**	(24,903)**
Resposta linear	1	115,407 **	182,800 **	24,861 **
Desvio de regressão	2	0,778 **	1,638 **	0,042
Materia Orgânica : Tempo 2	(3)	(115,496)**	(204,314)**	(86,279)**
Resposta linear	1	114,624 **	202,544 **	86,221 **
Desvio de regressão	2	0,872 **	1,770 **	0,058
Materia Orgânica : Tempo 3	(3)	(152,543)**	(320,132)**	(105,458)**
Resposta linear	1	151,971 **	318,841 **	105,458 **
Desvio de regressão	2	0,572 **	1,291 **	-
Corretivo x Materia orgânica x Tempo	18	0,039	0,160	0,179
Erro B	64	0,057	0,209	0,162
CV subparcela (%)		4,91	5,83	7,74

* Significativo ao nível de 5%
** Significativo ao nível de 1%

QUADRO 35 - Resumo da análise de variância da "CTC efetiva", para o LEa, mostrando o desdobramento da interação "corretivos dentro dos tempos de incubação".

Causa de Variação	G.L.	Q.M.
Matéria Orgânica	3	88,531**
Corretivo x Matéria Orgânica	9	1,026**
Erro A	32	0,308
Tempo	2	6,418**
Corretivo: Tempo ₁	(3)	(126,865)**
Regressão linear	1	126,039 **
Desvio de regressão	2	0,826 **
Corretivo: Tempo ₂	(3)	(154,676)**
Regressão linear	1	154,664 **
Desvio de regressão	2	0,012
Corretivo: Tempo ₃	(3)	(166,178)**
Regressão linear	1	166,038 **
Desvio de regressão	2	0,140
Matéria Orgânica x Tempo	6	0,443 **
Corretivo x Matéria Orgânica x Tempo	18	0,179
Erro B	64	0,162
CV parcela (%) = 10,67		
CV subparcela (%) = 7,74		

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

Causa da Variação	G.L.	Lm	Lva	Lea
Corretivo	(3)	0,0551	(17,681)**	(44,578)**
Regressão linear	1	-	17,579 **	43,658 **
Desvio de regressão	2	-	0,102	0,920
Matéria Orgânica	(3)	(264,916)**	(619,132)**	(139,938)**
Regressão linear	1	264,871 **	617,716 **	139,832 **
Desvio de regressão	2	0,045	1,416 *	0,106
Corretivo x Matéria Orgânica	9	0,171	0,265	0,144
Erro A	32	0,300	0,286	0,501
Tempo	(2)	(14,388)**	(34,230)**	(8,486)**
Regressão linear	1	0,229	0,375	1,172
Regressão quadrática	1	14,159 **	33,855 **	7,314 **
Corretivo x Tempo	6	0,278	0,270	0,444
Matéria Orgânica x Tempo	6	0,127	0,427	0,555
Corretivo x Matéria Orgânica x Tempo	18	0,318	0,205	0,109
Erro B	64	0,344	0,347	0,359
CV parcela (%)		9,72	5,12	5,92
CV subparcela (%)		10,40	5,63	5,01

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

APÉNDICE III

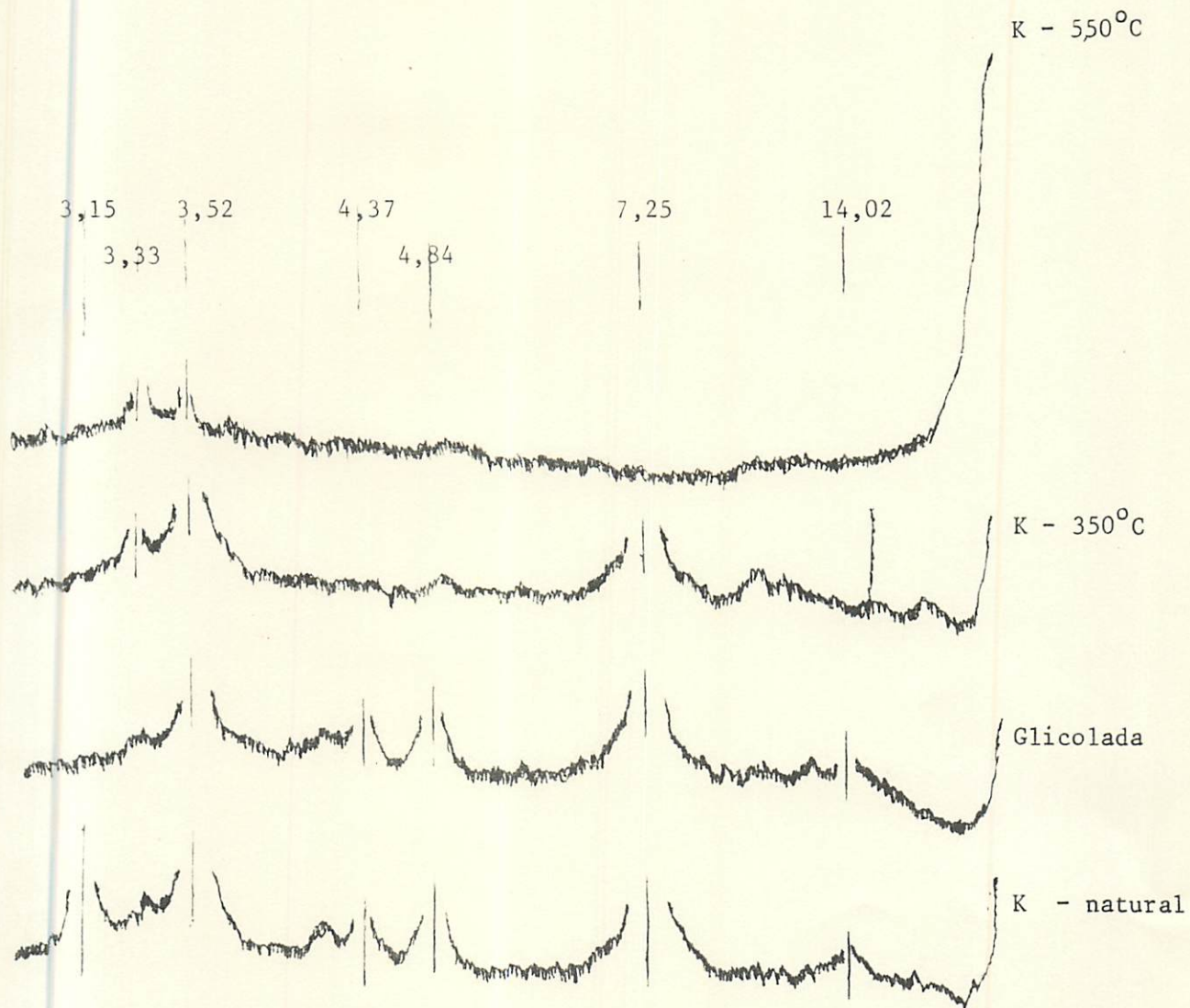


FIGURA 23 - Difratogramas da fração argila na camada de 0 - 20 cm do LEm .

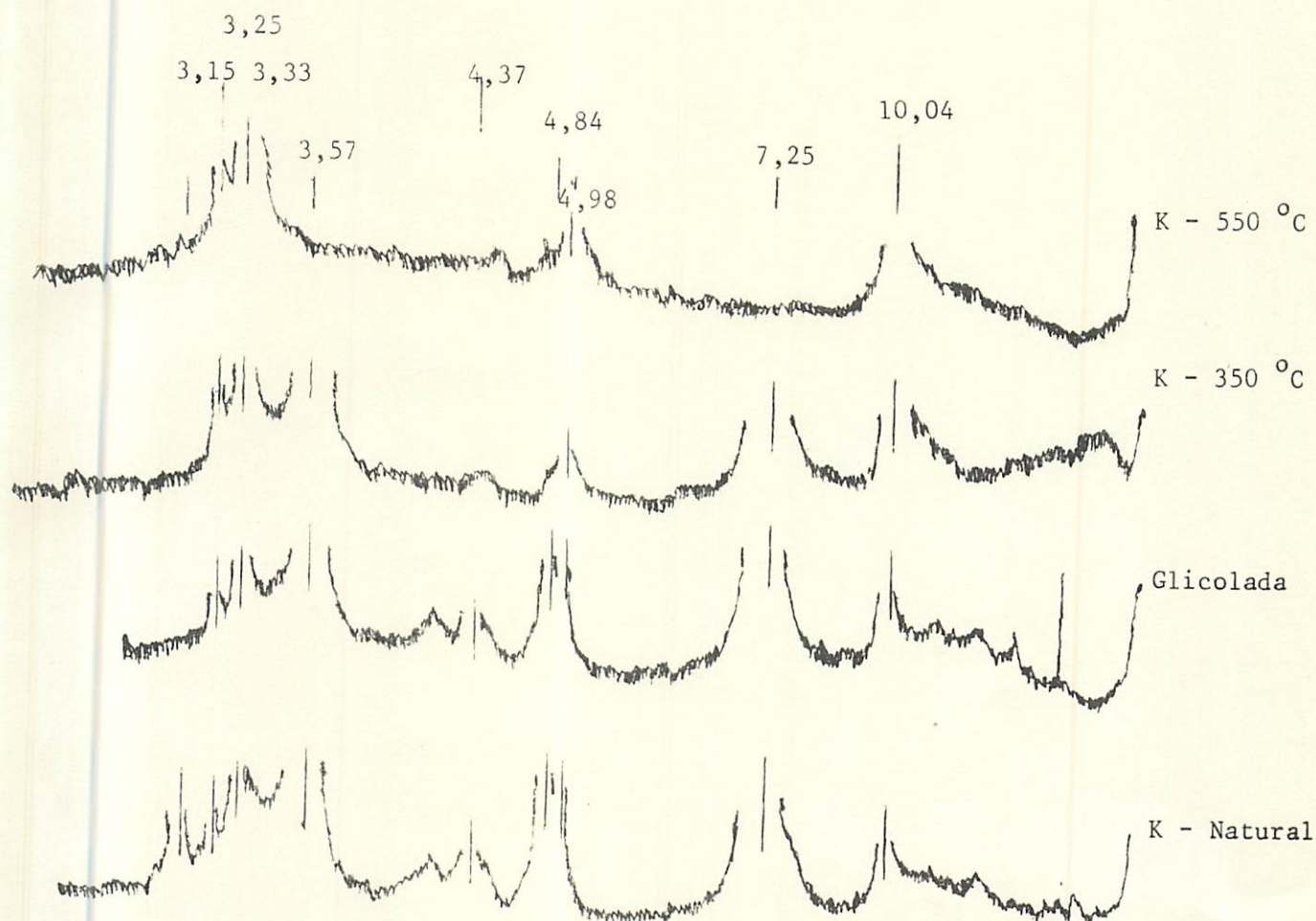


FIGURA 24 - Difratogramas da fração argila na camada de 0 - 20 cm do LVa.

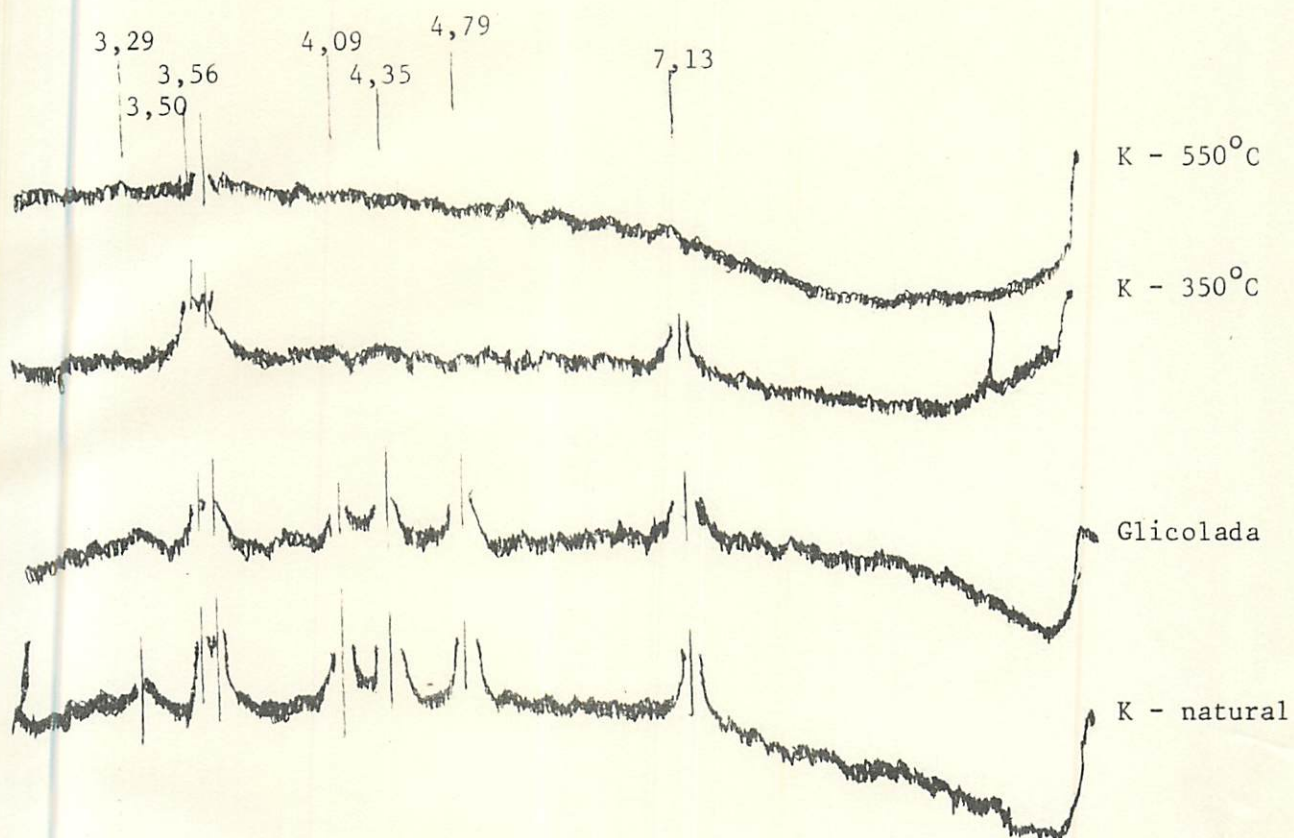


FIGURA 25 - Difratogramas da fração argila na camada de 0 - 20 cm do LEa.