EFEITOS DA CALAGEM E DA INCORPORAÇÃO DE RESTOS DE CULTURA DE SOJA SOBRE FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA E ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DE FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

VINÍCIO MARTINS DO NASCIMENTO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1981

A meus pais e irmãos,

Dedico.

À minha esposa, Augusta,
e minhas filhas,
Martha e Júlia,

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a todas as Instituições ou pessoas que direta ou indiretamente participaram da realização desse trabalho, em especial:

- . À Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" e Universidade de São Paulo, que possibilitaram a minha participação no Curso de Pós-Graduação.
- . Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), pela permissão para o desenvolvimento dos trabalhos de laboratório.
- . Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela ajuda financeira concedida.
- . Ao Prof. Dr. André Martin Louis Neptune, pela orientação segura neste trabalho.
- . Ao Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, pela concessão do laboratório para realização de algumas análises.
- . Aos Drs. Takashi Muraoca e Carlos Clemente Cerri, pelo incentivo e amizade.
- . À Eng^a Agr^a Maria Aparecida Pessoa da Cruz, pelo apoio na condução do experimento no campo.
- . Aos Eng^{os} Agr^{os} Salatier Buzetti e Carlos Henrique Mattioli pela colaboração nas análises estatísticas.
- . Ao Roberto Chelli pelas análises químicas realizadas.

- . Aos funcionários da Seção de Fertilidade do Solo e Fertilizantes (CENA): João Ademir Salvador, Marileuza Aparecida Bassi, Sandra Maria Genaro Nicoleti, José Anderson Forti, Dacir Bortolita, Rudnei de Almeida Romani e Sandra Tereza Pereira, pela colaboração e amizade.
- . Aos colegas Francisco Maximino Fernandes, Luiz de Souza Correia, José Renato Zanini, Marco Eustáquio de Sá, Olair José Isepon e Ademir Flório, pelo apoio e amizade.
- . Aos funcionários da Biblioteca da ESALQ, pelos bons serviços prestados.
- . Ao Paulo José Costa pelos serviços de datilografia.

C O N T E Ú D O

	Pág.
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras.....	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Efeito da calagem sobre as propriedades químicas do solo.....	3
2.2. Considerações gerais a respeito da matéria orgânica do solo (M.O.S.) e do seu fracionamento	5
2.3. Efeitos da matéria orgânica nas propriedades químicas do solo.....	10
2.4. Efeitos da incorporação de materiais orgânicos sobre as propriedades químicas do solo.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Solo.....	15
3.2. Delineamento experimental.....	17
3.3. Delimitação das parcelas.....	17
3.4. Calagem.....	18
3.5. Produção, características químicas e incorporação dos resíduos vegetais.....	18
3.6. Amostragem de solo.....	19
3.7. Análises de solo.....	20
3.7.1. Determinação da umidade atual.....	20

3.7.2. Determinação do pH.....	20
3.7.3. Determinação de alumínio, potássio, cálcio + magnésio trocáveis e fósforo solúvel.....	21
3.7.4. Determinação da capacidade de troca de cátions efetiva (CTC).....	21
3.7.5. Determinação da porcentagem de saturação em bases (V%).....	21
3.7.6. Extração dos ácidos húmicos e fúlvicos	22
3.7.7. Dosagem de carbono.....	23
3.7.7.1. Carbono orgânico total.....	23
3.7.7.2. Carbono nas frações húmicas..	23
3.7.8. Dosagem de nitrogênio.....	23
3.7.8.1. Nitrogênio total no solo.....	23
3.7.8.2. Nitrogênio total nas frações húmicas.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Umidade atual.....	25
4.2. pH.....	25
4.3. Alumínio trocável.....	26
4.4. Cálcio + magnésio trocáveis.....	27
4.5. Potássio trocável.....	29
4.6. Fósforo solúvel.....	29

4.7. CTC efetiva.....	30
4.8. Porcentagem de saturação em bases (V%).....	30
4.9. Carbono nas frações da matéria orgânica.....	32
4.10. Nitrogênio nas frações da matéria orgânica...	33
4.11. Relação C/N nas frações da matéria orgânica..	38
5. CONCLUSÕES.....	42
6. LITERATURA CITADA.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA		Pág.
1	Características químicas e granulométricas do solo da Fazenda Experimental da UNESP-"Campus" da Ilha Solteira, no local onde o presente experimento foi instalado (profundidade 0-20 cm).....	16
2	Características químicas dos restos de cultura de soja incorporados ao solo.....	19
3	Valores de umidade atual, pH, alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980 / 81). Média de 3 repetições.....	28
4	Valores de potássio trocável, fósforo solúvel, CTC efetiva e porcentagem de saturação em bases nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.....	31
5	Valores de carbono orgânico total, carbono-ácidos húmicos, carbono-ácidos fúlvicos e carbono-huminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.....	34

TABELA

Pág.

6	Valores de N-total no solo, N-ácidos húmicos, N-ácidos fúlvicos e N-huminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.....	35
7	Relação C/N no solo, nos ácidos húmicos, nos ácidos fúlvicos e nas huminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.....	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Distribuição relativa do carbono nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latossol Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.....	36
2	Distribuição relativa do nitrogênio nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.....	37
3	Distribuição relativa da relação C/N nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latosso Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.....	40

EFEITOS DA CALAGEM E DA INCORPORAÇÃO
DE RESTOS DE CULTURA DE SOJA SOBRE FRAÇÕES
DA MATÉRIA ORGÂNICA E ALGUMAS CARACTERÍSTICAS
DE FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

Autor: VINICIO MARTINS DO NASCIMENTO

Orientador: Dr. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

RESUMO

Com o objetivo de estudar os efeitos da calagem e da incorporação de restos de cultura de soja em várias características de um Latossolo sob vegetação de cerrado, instalou-se um experimento de campo na Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira, MS.

As doses de calcário aplicadas, em t/ha, no ano agrícola 1979/80 foram: 1,4; 2,8; 4,2 e 5,6. Houve um tratamento que não recebeu calcário.

No ano agrícola 1980/81 foram incorporados 1,9 t/ha de restos de cultura de soja em todos os tratamentos.

Amostras do solo, tomadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, foram analisadas quanto a: umidade atual; pH; Al^{3+} ; $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ e K^{+} trocáveis; P-solúvel; CTC; porcentagem de saturação em bases; carbono e nitrogênio em frações da matéria orgânica.

Entre as características estudadas nas amostras, constatou-se que houve aumento no valor pH e na porcentagem de saturação em bases, assim como diminuição do Al^{3+} trocável na profundidade de 0-20 cm, nos tratamentos nos quais foram aplicados calcário.

A distribuição do carbono nas frações húmicas, em relação ao carbono orgânico total, foi de 4, 25 e 58%, respectivamente, para ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas ou resíduo nas duas profundidades estudadas.

A distribuição do N-total, nas mesmas frações, foi de 4, 32 e 41%, respectivamente, para ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas em relação ao N-total do solo para as duas profundidades.

A respeito da relação C/N no solo e nas frações húmicas, não se verificaram variações apreciáveis em função dos tratamentos e das profundidades.

EFFECTS OF LIMING AND SOYBEAN CROP RESIDUES ON THE SOIL ORGANIC MATTER FRACTION AND SOME CHARACTERISTICS OF FERTILITY OF AN ACRUSTOX IN THE ACID SAVANNAS CONDITIONS

Author: VINICIO MARTINS DO NASCIMENTO

Adviser: Dr. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

SUMMARY

With the aim of studying the effects of liming and incorporation of soybean crop residues on some characteristics of an Acrustox in the acid savannas conditions (cerrado conditions), a field experiment was carried out at the Experimental Station of the Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Campus de Ilha Solteira, in the Mato Grosso do Sul State, Brazil.

The rates of lime in t/ha applied in October 1979 were: 1.4; 2.8; 4.2 and 5.6. There was a treatment with no liming.

In June 1981, residues of soybean crop, evaluated in 1.9 t/ha were incorporated in all the treatments.

On soil samples taken at depths of 0-20 cm and 20-40 cm, actual humidity, pH, exchangeable Al^{3+} , Ca^{2+} + Mg^{2+} and K^{+} ,

soluble P, CEC, % of bases saturation and fractions of soil organic matter, were determined.

The data showed an increase in the pH value and % of bases saturation and a diminution in the exchangeable Al^{3+} , at the depth of 0-20 cm, in the treatments in which lime was applied.

The distribution of carbon in the humic fractions, related to the total organic carbon, was 4%, 25% and 58%, respectively, for humic acids, fulvic acids and humin, at both depths.

The distribution of total N in the same fractions, was 4%, 32% and 41%, respectively, for humic acids, fulvic acids and humin, in respect to the total soil N, at both depths.

The C/N ratio in the soil and humic fraction showed no significant variations.

1. INTRODUÇÃO

Os solos das regiões tropicais, nos quais estão incluídos os da região dos cerrados brasileiros, apresentam-se bastante intemperizados com predominância de argilas do tipo 1:1, óxidos de ferro e alumínio, o que resulta numa CTC quase que totalmente dependente da matéria orgânica.

Por outro lado, esses solos são, no geral, bastante arejados, o que favorece sobremaneira os processos de oxidação, com reflexos no teor de humus a ser formado.

Nessas condições, o conhecimento das transformações da matéria orgânica é de fundamental importância para a adoção de práticas de manejo adequadas.

A produtividade agrícola dos solos das regiões tropicais sob clima úmido é limitada principalmente pelas suas características químicas, entre as quais a pobreza de cálcio e magné

sio, a alta acidez e a toxicidade por alumínio e manganês. Dessa maneira, a calagem, nesses solos, torna-se uma prática indispensável para melhorar as condições de fertilidade e consequentemente possibilitar a elevação dos níveis de produção.

Considerando que ainda não são bem conhecidos os efeitos da calagem sobre as propriedades químicas e frações da matéria orgânica desses solos, foi realizado este trabalho com o objetivo de estudar os efeitos da calagem nas frações da matéria orgânica e de outras características de um Latossolo sob vegetação de cerrado ao qual foi incorporado restos de cultura de soja.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EFEITO DA CALAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

A calagem é uma prática agrícola que se utiliza desde os tempos remotos para melhorar a produtividade dos solos ácidos, embora ABRUÑA *et alii* (1964); CATANI e GALLO (1955), consideram que o uso do calcário nos trópicos é pequeno ou se encontra em fase experimental.

Nos solos de drenagem livre das regiões tropicais, a necessidade de calcário é devida à pobreza de bases, acidez elevada e à presença de óxidos de alumínio e ferro.

De acordo com BLACK (1957), COLEMAN *et alii* (1958) e MEHLICH e COLEMAN (1952), a calagem é a incorporação ao solo de carbonatos, hidróxidos e óxidos de cálcio e magnésio,

visando à correção dos efeitos nocivos da acidez elevada e aumentar o suprimento de cálcio e magnésio para as plantas.

Os aumentos na produção das culturas obtidos pelo emprego de calcário são os mais diversos possíveis, talvez devido à sua granulometria ou ao seu valor de neutralização ou até a própria maneira de se calcular as doses a serem aplicadas (Rios *et alii*, 1978, citados por SOUZA e NEPTUNE, 1979).

Segundo PRATT (1966), GARGANTINI *et alii* (1970), existe uma relação entre porcentagem de saturação em bases e o pH, sendo que, à medida que se eleva a disponibilidade de bases trocáveis, aumenta o pH e diminui o teor de Al trocável.

VAN RAIJ *et alii* (1977), estudando o efeito de níveis de calcário sobre a produção de soja em solo sob vegetação de cerrado durante 3 anos, encontraram efeito favorável de calagem na produção de grãos, sendo que as produções máximas coincidiram com os valores pH próximos de 6,0 e para teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} ao redor de 3,0 m.eq/100 ml TFSA.

Estudando os efeitos da granulometria de calcário dolomítico nas propriedades químicas do solo, SOUZA e NEPTUNE (1979) encontraram, para a profundidade de 0-20 cm, as melhores condições químicas para o desenvolvimento das plantas, tais como: maiores valores de pH, de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e menores valores de Al^{3+} trocável e de acidez titulável. Além disso, os melhores resultados para as características estudadas foram obtidos aos 270 e 520 dias após a calagem.

A capacidade de troca de cátions (CTC), ou carga negativa dos colóides, cuja neutralização depende da reação do solo, é característica de vários minerais de argila e da matéria orgânica. Assim, de acordo com WIKLANDER (1964) com o aumento ou diminuição do pH, há também aumento ou diminuição da CTC dentro de certos limites.

HALSTEAD *et alii* (1958) neutralizaram a acidez de quatro solos podzóis do Canadá com diferentes quantidades de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, numa amplitude de variação da relação Ca/Mg entre 0,6 e 19,5; os resultados, embora sem mostrar efeitos sobre os rendimentos da alfafa, evidenciaram a diminuição de Ca trocável por influência do $MgCO_3$.

O problema da calagem é bastante complexo e a quantidade de corretivo a ser aplicado ao solo pode variar de acordo com o objetivo que se tem em vista (CATANI e JACINTO, 1964).

2.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (M.O.S.) E DO SEU FRACIONAMENTO

A matéria orgânica do solo pode ser classificada em dois grupos principais: substâncias húmicas (humus) e substâncias não-húmicas. Enquanto as substâncias não-húmicas são de natureza química definida, as substâncias húmicas são bastante complexas e de natureza química não bem definida.

Para DABIN (1976), o humus é a matéria orgânica de cor escura que apresenta uma granulação bastante fina e se encontra completamente misturada à matéria mineral do solo.

De acordo com KONONOVA (1966), substâncias húmicas são aquelas de natureza complexa, coloração escura, proveniente da decomposição de vegetais e solúveis em álcalis.

Apesar da natureza química complexa da matéria orgânica humificada, inúmeras pesquisas mostram que seus componentes podem ser fracionados de acordo com suas solubilidades em diferentes solventes.

Segundo Duchaufour (1970), conforme citado em VOLKOFF e ANDRADE (1975), as frações da matéria orgânica humificada estão reunidas em três grupos principais, ou seja, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas ou resíduo.

VOLKOFF e ANDRADE (1975) caracterizaram a matéria orgânica de alguns solos ferralíticos do Estado da Bahia, encontrando resultados que evidenciam que nos horizontes mais superficiais, a quantidade de matéria orgânica não decomposta ("matéria orgânica leve") é baixa em virtude da decomposição muito rápida dos detritos vegetais. Concluíram ainda, que devido à alta humificação, à instabilidade dos compostos húmicos formados, à abundância de frações de pequena massa molecular e à grande migração dessas frações no perfil desses solos, a matéria orgânica desempenha um importante papel na mobilização dos elementos minerais.

ANDREAUX e BECERRA (1975), em trabalhos de fracionamento e caracterização do material húmico de vários oxis solos colombianos, concluíram que, naqueles solos, o ciclo da matéria orgânica é muito rápido, caracterizando-se por uma intenso mineralização dos restos vegetais e que, na maioria dos solos estudados, o teor de matéria orgânica não decomposta é muito baixo.

Com vistas aos processos de mineralização e humificação da matéria orgânica, pelo fato de serem principalmente processos microbiológicos, deve-se considerar que qualquer evento que desfavoreça a microflora do solo, terá reflexos negativos nas transformações desse material. Neste aspecto a calagem assume papel importante pois eleva o valor pH e os teores de Ca e de Mg e, segundo FASSBENDER (1978), a maior parte das bactérias e actinomicetos desenvolvem-se melhor sob pH próximo da neutralidade.

Mishustin (1956), citado por KONONOVA (1966), constatou que solos da URSS muito ricos em humus são caracterizados por moderado número de microrganismos, o que lhe permitiu concluir que a moderada atividade microbiológica, é favorável ao acúmulo de humus no solo.

PRIMAVESI (1973), em levantamentos de solo no Rio Grande do Sul, encontrou boa correlação entre teor de cálcio no solo e matéria orgânica humificada, sendo que, à medida que se aprofundava no perfil, diminuía a quantidade de humus.

Para Russel e Russel (1961); Schapevel e Kruse (1971), conforme citado em PRIMAVESI (1980), a idéia de que quanto mais cálcio tiver o solo menor será o seu teor em húmus nem sempre é verdadeiro. De acordo com esses pesquisadores, será válido quando se tratar de calagem e de aumento de pH do meio e, não para o caso de quantidades de cálcio naturalmente existentes no solo.

As substâncias húmicas podem apresentar composição e propriedades diferentes em função do material original, do meio em que se desenvolveram e da idade. Assim, os ácidos húmicos, por exemplo, podem apresentar diferentes teores de carbono, nitrogênio, além de grandes diferenças em outras propriedades determinadas pelas condições em que se formaram.

DORADO *et alii* (1973) estudaram as substâncias húmicas de três turfas espanholas, comparando-as com as de outros solos. Os resultados evidenciam que as turfas apresentam substâncias húmicas e capacidade de troca elevadas, caracterizando-se por elevado teor de íons de troca. Constataram ainda, que as substâncias húmicas das turfas, além de apresentarem elevado coeficiente ácido húmico/ácido fúlvico, possuem um alto teor de ácidos himatometânicos.

POLLO *et alii* (1978a), em estudos de fracionamento e caracterização de ácidos húmicos de diversos ecossistemas florestais, encontraram que, no geral, houve um predomínio de ácidos húmicos sobre os ácidos fúlvicos nos solos estudados. Esses pesquisadores constataram, ainda, que a elevada propor

ção de huminas encontrada está de acordo com as condições ecológicas dos ecossistemas bem aerados, onde a lignina evolui rapidamente para compostos húmicos não extraíveis.

POLLO *et alii* (1978b), estudando as transformações da matéria orgânica de solo acondicionado em frasco de vidro e submetido à incubação em estufa a 28°C e 70% de umidade, durante 135 dias, constataram que, durante o processo, houve uma diminuição progressiva nos teores de carbono e nitrogênio e na relação C/N ao lado de um aumento na capacidade de troca de cátions. Foi observado, ainda, que a incubação de huminas possibilitou a solubilização de 10% do seu carbono total, o que foi atribuído a rupturas da união da matéria orgânica com a parte mineral.

ORTEGA *et alii* (1979) extraíram substâncias húmicas de diferentes materiais (esterco, lignito) e de um rendzina, encontrando, para os ácidos húmicos extraídos do esterco, teores mais elevados de nitrogênio e menor relação C/N, que foi próxima de 10. Para os ácidos húmicos extraídos do rendzina, a relação C/N foi ligeiramente superior a 10, enquanto que esta relação, para os ácidos húmicos do lignito foi próximo de 60.

ALMENDROS e POLLO (1980) estudaram as frações da matéria orgânica humificada em três tipos de solo desenvolvidos sob uma mesma vegetação, comparando-as com as frações húmicas obtidas diretamente das folhas das plantas. A filtração através de Sephadex mostra que os compostos pré-húmicos

extraídos das folhas apresentam menor grau de polimerização que os ácidos húmicos da fração leve da matéria orgânica do solo.

Por outro lado, SCHNITZER e SKINNER (1968), compararam dois extratores do humus do solo, NaOH 0,5N e HCl 0,1N. Os resultados mostraram que a composição química dos dois extratos foi semelhante e que a extração com álcali não causou grandes modificações na matéria orgânica estudada.

TOLEDO (1973) em trabalho de caracterização química de um ácido húmico extraído de sedimentos de lago, utilizou como extrator do humus uma solução de NaOH 0,5N em atmosfera de N₂.

2.3. EFEITOS DA MATÉRIA ORGÂNICA NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

Vários elementos químicos podem ser complexados pela matéria orgânica e assim, formar compostos de variada estabilidade no solo.

OADES e TOWNSEND (1963) estudando a influência do ferro na estabilidade da matéria orgânica do solo durante a peroxidação, verificaram que o ferro permaneceu complexado com o humus mesmo durante a oxidação do mesmo por peróxido de hidrogênio.

AKINOLA e COREY (1973) estudando a relação entre pH, matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes, encontraram um aumento significativo no teor de nutrientes no solo, com o aumento do teor de matéria orgânica.

THOMAS (1975) estudou a relação entre alumínio trocável e matéria orgânica em um solo ácido. Os resultados indicaram uma diminuição acentuada do Al trocável com o aumento do teor de matéria orgânica do solo.

Estudando a contribuição da matéria orgânica na capacidade total de troca de cátions (CTC) do solo, SCHNITZER (1975) encontrou, para um solo com 10% de matéria orgânica, uma participação da mesma de aproximadamente 70% na CTC.

Procurando correlacionar teor de matéria orgânica do solo com alumínio trocável e acidez dependente de pH, HOYT (1977) encontrou correlação positiva ($r = 0,97$) entre porcentagem de matéria orgânica e acidez dependente de pH, enquanto que o Al trocável correlacionou negativamente ($r = -0,56$) com a porcentagem de matéria orgânica.

De acordo com BLOOM *et alii* (1979), o alumínio trocável por íons H^+ nos sítios de troca da matéria orgânica e a hidrólise dos compostos de alumínio contribuem sobremaneira para o poder tampão do solo. Esses pesquisadores consideraram ainda que o manejo da matéria orgânica pode ser eficiente no abaixamento da atividade do Al^{3+} na solução do solo, reduzindo conseqüentemente, a sua toxidez.

2.4. EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

Os resíduos vegetais que chegam ao solo influem diretamente na relação C/N e, portanto, afetam os processos microbiológicos de mineralização.

ESCOBAR *et alii* (1972) estudando os efeitos da adição de celulose e da temperatura na mineralização do nitrogênio em oxissolos, constataram que durante 30 dias o processo predominante na mineralização do nitrogênio foi a amonificação. A produção de CO_2 aumentou significativamente com o aumento de temperatura e adição de celulose, sendo que as produções de CO_2 e de N-NH_4 foram altamente correlacionadas.

MARTINEZ e BLASCO (1972) verificaram que a adição de doses crescentes de resíduos vegetais ao solo aumentou a atividade microbiana do mesmo e diminuiu progressivamente a nitrificação. Por outro lado, foi observado que tecidos vegetais com mais de 1,8% de nitrogênio, quando adicionados ao solo, promovem um estreitamento na relação C/N, ocasionando uma predominância na mineralização.

BARBIERI *et alii* (1979) estudaram, em um Latosolo Vermelho Amarelo - fase arenosa, o efeito de cinco leguminosas, usadas como adubo verde, sobre várias características químicas do solo. Os resultados evidenciaram efeitos significativos para N-NO_3 aos 180 e 270 dias após incorporação,

além de boa correlação entre carboidratos totais e a relação C/N no solo.

MELO *et alii* (1979), estudando o efeito da incorporação de resíduos culturais de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo) e de *Dolichos lab lab* (L.) (labe-labe) sobre formas de carbono e nitrogênio em um Latossolo Roxo, encontraram, para os tratamentos que receberam resíduos da cultura do sorgo, predominância na imobilização no período de 0-15 dias de incubação, enquanto, no mesmo período, o tratamento testemunha manteve-se em equilíbrio e o tratamento que recebeu resíduos de cultura do labe-labe apresentou predominância sensível da mineralização.

NASCIMENTO e MELO (1981), em trabalho de rotação de culturas e incorporação de restos culturais em solo sob vegetação de cerrado, constataram efeitos significativos da incorporação de diferentes materiais sobre pH, CTC, carbono-ácidos húmicos, carbono-huminas e N-ácidos fúlvicos.

A utilização de resíduos orgânicos como adubo é uma prática que tem se mostrado eficiente, principalmente em culturas olerícolas, pois coloca em disponibilidade vários nutrientes. Assim, ALMEIDA *et alii* (1981), estudando o efeito de vários adubos orgânicos: esterco de curral (40 t/ha), esterco de galinha (10 t/ha) e composto de lixo urbano (40 t/ha), com e sem adubação mineral, para cultura do tomateiro, encontraram, para a testemunha, uma produção significativamente menor que os tratamentos com adubo orgânico. A suplementação

com adubo mineral (NPK) proporcionou aumento de 47% na produção, enquanto que entre os tratamentos que sã receberam adubo orgânico, o que melhor se comportou foi o que recebeu esterco de galinha que proporcionou um aumento de 21% na produção em relação aos outros cuja produção situou por volta de 41.000 kg/ha.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Solo

O experimento foi conduzido em um solo originalmente coberto por vegetação de cerrado, situado na Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira, MS, classificado por DEMATTE (1980) como Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa. As principais características químicas e granulométricas do solo são apresentadas na Tabela 1.

O clima da região, classificado como Aw, caracteriza-se por uma temperatura média anual de 23,7°C com média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) igual a 25,7°C e a dos meses mais frios (junho e julho) igual 20,6°C. A precipitação pluviométrica média anual está em torno de 1.300 mm, predominantemente no período de outubro a março (DEMATTE, 1980).

TABELA 1 - Características químicas e granulométricas do solo da Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" da Ilha Solteira, no local onde o presente experimento foi instalado (profundidade 0-20 cm).

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS										GRANULOMETRIA		
%		meq/100 ml TFSA		ppm		%						
C	pH (H ₂ O)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	K ⁺	P	Argila	Limo	Areia Fina	Areia Grossa	
1,4	4,9	0,7	0,6	0,2	4,8	27	2	47	5	31	17	

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento obedeceu a um delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições.

Os tratamentos foram os seguintes:

Tratamento Nº	Ano Agrícola	
	1979/80	1980/81
	Calagem e cultura de soja	Incorporação dos restos culturais de soja
1 (testemunha)	0 t/ha de calc.	
2	1,4 t/ha de calc.	
3	2,8 t/ha de calc.	em todas as parcelas
4	4,2 t/ha de calc.	
5	5,6 t/ha de calc.	

3.3. DELIMITAÇÃO DAS PARCELAS

As parcelas experimentais foram delimitadas uma semana antes da calagem, ficando cada uma, com as dimensões de 10 x 30 m (300 m²).

3.4. CALAGEM

Um calcário dolomítico, cujo PRNT calculado foi de 61%, foi aplicado em 22/10/79 a lanço, manualmente e incorporado a uma profundidade média de 20 cm, com aração, através de arado tipo reversível. Cerca de 15 dias após foi feita uma gradagem. As doses de calcário aplicadas foram calculadas multiplicando-se a quantidade de calcário necessária para elevar o pH a 6,5 pelo método de CATANI e GALLO (1955), pelos seguintes fatores: 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0.

No ano agrícola 79/80, tais parcelas foram cultivadas com soja, usando-se como adubação básica 290 kg de P_2O_5 e 250 kg de K_2O /ha, nas formas, respectivamente, de superfosfato triplo (42% P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O).

3.5. PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E INCORPORAÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS

Próxima à colheita dos grãos, cuja produção foi cerca de 900 kg/ha, procedeu a uma amostragem de plantas para avaliação da massa dos restos culturais.

Em cada parcela foram tomadas a parte aérea de 10 plantas, as quais após a remoção das vagens, foram secas em estufa a 70°C até peso constante.

O material seco foi moído e analisado quanto

aos teores de carbono (VETTORI, 1969), nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio (SARRUGE e HAAG, 1974), cujos resultados são apresentados na tabela 2.

TABELA 2 - Características químicas dos restos de cultura de soja incorporados ao solo.

%			%			
C	N-total	C/N	P	K	Ca	Mg
45,6	1,90	24	0,08	2,26	0,65	0,48

A produção de matéria seca da cultura de soja, massa da parte aérea, foi de 1,9 t/ha, não havendo diferenças significativas entre tratamentos.

Tais restos culturais foram incorporados ao solo em 01/06/80, através de arado tipo reversível, a uma profundidade média de 20 cm.

3.6. AMOSTRAGEM DE SOLO

No dia 21/08/80 (300 dias após a calagem e 80 dias após a incorporação dos restos culturais), tomaram-se amostras de terra em cada uma das parcelas experimentais. Tais

amostras foram constituídas de dez amostras simples, tomadas ao acaso no interior de cada parcela útil (156 m^2) e nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente levadas para laboratório.

3.7. ANÁLISES DE SOLO

3.7.1. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE ATUAL

Cerca de 50 g de cada amostra de terra foram colocadas em latas de alumínio, previamente taradas, e, após pesagem, foram levadas para estufa e aí mantidas a $100-110^\circ\text{C}$ por 24 horas. Após esse período, foram deixadas esfriar em dessecador e novamente pesadas. Por diferenças de massa, calculou-se a umidade atual.

3.7.2. DETERMINAÇÃO DO PH

O pH em água foi determinado na TFSA, seguindo-se o método de Catani *et alii* (1955), conforme descrito em MELLO *et alii* (1965), usando-se a relação solo : água de 1:2,5.

3.7.3. DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO, POTÁSSIO, CÁLCIO + MAGNÉSIO TROCÁVEIS E FÓSFORO SOLÚVEL

O Al^{3+} , K^+ , Ca^{2+} + Mg^{2+} trocáveis e o P solúvel foram determinados de acordo com a metodologia descrita em VAN RAIJ e ZULLO (1977).

3.7.4. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÂTIONS EFETIVA (CTC)

A CTC efetiva foi determinada indiretamente como se faz rotineiramente pela soma dos principais cations trocavéis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} e H^+).

3.7.5. DETERMINAÇÃO DA PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO EM BASES (V%)

A V% foi determinada em função da CTC efetiva e da soma de bases trocáveis, usando-se a seguinte fórmula:

$$V\% = \frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+}{\text{CTC}} \times 100$$

3.7.6. EXTRAÇÃO DOS ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS

A extração dos ácidos húmicos e fúlvicos foi feita de acordo com o método descrito em TOLEDO (1973), usando-se uma solução de hidróxido de sódio 0,5N como extrator, porém, sem utilizar o pré-tratamento com solução de ácido clorídrico.

Para tanto, 20 g de terra, previamente moídos e passados em peneira de 0,5 mm de diâmetro, foram colocados em tubos de centrífuga com capacidade de 150 ml, aos quais adicionaram-se 80 ml da solução de NaOH 0,5N e levados para agitar intermitentemente em agitador horizontal por duas horas. Findo tal período, seguiu-se centrifugação por 20 minutos a 3.000 rpm.

Toda operação foi repetida até obter um sobrenadante bem claro e o resíduo de terra foi neutralizado com solução de ácido sulfúrico 0,2N e levado para secar em estufa a 60-70°C.

A separação dos ácidos húmicos e fúlvicos foi feita tomando-se uma alíquota de 100 ml do extrato, à qual adicionaram-se H_2SO_4 concentrado até obter pH 2,0, seguindo-se repouso por duas horas e centrifugação por 10 minutos a 6.000 rpm.

3.7.7. DOSAGEM DE CARBONO

3.7.7.1. Carbono orgânico total

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Tiurim (oxidação por via úmida), conforme descrito em VETTORI (1969).

3.7.7.2. Carbono nas frações húmicas

A dosagem de carbono nas frações húmicas foi feita, usando-se a mesma metodologia utilizada para a determinação do carbono orgânico total (método de Tiurim), conforme descrito em VETTORI (1969), tomando-se, para tanto, 10 ml do extrato de ácidos húmicos, 20 ml do extrato de ácidos fúlvicos e 1,0 g do resíduo.

3.7.8. DOSAGEM DE NITROGÊNIO

3.7.8.1. Nitrogênio total no solo

O N - total foi determinado pelo método microKjeldahl, conforme descrito em MELO (1977).

3.7.8.2. Nitrogênio total nas frações húmicas

O N-total nas frações húmicas foi determinado usando-se a mesma metodologia utilizada na dosagem de N-total no solo (método microKjeldahl) conforme descrito em MELO (1977), tomando-se, para tanto, 10 ml do extrato de ácidos húmicos, 20 ml do extrato de ácidos fúlvicos e 1,0 g do resíduo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. UMIDADE ATUAL

Os valores de umidade atual (Tabela 3) , nas duas profundidades analisadas, não apresentaram diferenças significativas estatisticamente, pelo teste F, em função dos tratamentos. Cabe ressaltar, por outro lado, que os valores de umidade obtidos na profundidade de 20-40 cm foram ligeiramente superiores aos obtidos na profundidade de 0-20 cm, o que pode ser em parte atribuído ao fato das camadas mais superiores estarem sujeitas a maiores evaporações.

4.2. PH

Os valores pH obtidos na profundidade de 0-20 cm foram significativamente diferentes em função dos tra

tamentos, enquanto que na profundidade de 20-40 cm não se verificou diferença significativa (Tabela 3). Os resultados evidenciam que embora tendo havido efeito significativo de tratamento para a profundidade de 0-20 cm, os valores pH ficaram próximos de 6,0 e, em nenhum tratamento, atingiram o valor 6,5 como visa o método de cálculo das doses de calcário aqui empregado. Os valores pH na profundidade de 20-40 cm foram ligeiramente inferiores a aqueles obtidos na profundidade de 0-20 cm e não diferiram estatisticamente da testemunha; tal resultado evidencia que os métodos tradicionais de aplicação de calcário (incorporação na camada arável) não apresentaram eficácia na correção do pH nas camadas mais profundas do solo estudado.

4.3. ALUMÍNIO TROCÁVEL

Os valores de Al^{3+} trocável (Tabela 3), na profundidade de 0-20 cm, apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos, enquanto que na profundidade de 20-40 cm, evidenciaram uma ligeira diminuição nos teores nos tratamentos com calcário, sem, contudo, diferir estatisticamente da testemunha. Na camada de 0-20 cm a dose de calcário de 1,4 t/ha foi suficiente para eliminar praticamente todo o Al^{3+} trocável até a época da amostragem, ao passo que na profundidade de 20-40 cm, nem a maior dose de calcário utilizada (5,6 t/ha) foi eficiente para uma completa neutralização. VAN

RAIJ *et alii* (1977), aplicando 4,6 t calcário/ha, verificaram, dois anos após, teores de Al iguais a zero, enquanto que ANJOS *et alii* (1981) constataram que, para doses de calcário de 10 e 20 t/ha, 48 meses após, o Al^{3+} ainda se mantinha em níveis não tóxicos.

4.4. CÁLCIO + MAGNÉSIO TROCÁVEIS

Os teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis (Tabela 3) aumentaram nas duas profundidades analisadas nas parcelas que receberam calcário, embora não se tenha encontrado valores estatisticamente diferentes da testemunha. Na profundidade de 20-40 cm os teores foram menores que de 0-20 cm para todos os tratamentos o que já era de se esperar uma vez que o calcário foi incorporado superficialmente, não eliminando, portanto, todo Al^{3+} trocável do complexo de troca de 20-40 cm. Resultados semelhantes foram encontrados por VAN RAIJ *et alii* (1977) em solos de cerrado onde, durante dois anos após a calagem (4,5 t/ha), constataram teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ variando entre 3,0 e 3,8 m.eq/100 g terra. ANJOS *et alii* (1981) encontraram teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ crescentes até 10 meses após calagem, época essa que consideraram de maior solubilidade do calcário.

TABELA 3 - Valores de umidade atual, pH, alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis nas profundidades 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.

Tratamento	% na T.S.E.		pH (H ₂ O) (3)		meq/100 ml T.F.S.A.			
	umidade atual				Al ³⁺		Ca ²⁺ + Mg ²⁺	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	12,6	15,8	5,3 ⁽²⁾ d	5,4	0,7 ⁽²⁾ a	0,9	1,8	0,6
1,4 t cal./ha	12,6	14,6	5,8 bc	5,6	0,2 b	0,5	3,0	1,9
2,8 t cal./ha	12,1	14,6	6,2 a	5,7	0,0 b	0,4	3,8	2,4
4,2 t cal./ha	12,8	14,8	6,1 ab	5,4	0,1 b	0,5	3,5	2,0
5,6 t cal./ha	13,2	13,6	6,0 ab	5,6	0,0 b	0,4	3,7	1,7
F ⁽¹⁾	0,29	2,77	19,34**	0,58	22,28**	1,76	3,51	3,32
CV(%)	9,99	5,53	2,5	5,25	48,41	51,24	24,59	36,60
dms	-	-	0,41	-	0,29	-	-	-

(1) Valores do teste F para efeito de tratamento.

(2) Valores seguidos de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(3) Médias e análise estatística do valor pH, feitas em função da concentração hidrogeniônica.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.5. POTÁSSIO TROCÁVEL

Os teores de K^+ trocável (Tabela 4) na camada de 0-20 cm foram superiores aos da camada de 20-40 cm. Tais resultados pareceram bastante lógicos visto que, tanto a adubação básica (250 kg K_2O /ha) como a incorporação dos restos culturais, foram feitos na camada arável (0-20 cm). Nas duas profundidades estudadas os teores de K^+ trocável apresentaram tendências de diminuições com o aumento das doses de calcário. MIELNICZUK e ANGHINONI (1976) verificaram que doses anuais médias de 40 kg/ha de K_2O em período de 6 anos, aumentaram os teores de potássio de 58 para 78 ppm em lavouras de soja.

4.6. FÓSFORO SOLÚVEL

Os teores de fósforo solúvel (Tabela 4), nas duas profundidades analisadas, não apresentaram diferenças entre os tratamentos com calcário e a testemunha.

Por outro lado, verifica-se que os teores de fósforo na camada de 0-20 cm foram em média o dobro dos teores de 20-40 cm, o que pode ser explicado pelo fato da adubação e a incorporação dos restos culturais terem sido feitos superficialmente. Além disso, deve-se considerar a baixa difusão do fósforo no solo e a pequena quantidade adicionada (1,52 kg de P/ha) na forma de restos de cultura.

4.7. CTC EFETIVA

Os valores de CTC efetiva (Tabela 4), nas duas profundidades estudadas, não apresentaram diferenças significativas estatisticamente entre tratamentos com calcário e testemunha, embora todos os tratamentos com calagem tenham apresentado valores ligeiramente superiores à testemunha.

Na profundidade de 0-20 cm os valores médios de CTC foram cerca de 30% maiores que os da camada de 20-40 cm, o que em parte pode ser atribuído aos mesmos motivos apresentados para potássio, fósforo e cálcio + magnésio.

4.8. PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO EM BASES (V%)

Os valores de V% (Tabela 4), nos tratamentos que receberam calcário, foram estatisticamente diferentes da testemunha ao nível de 1% de probabilidade na camada de 0-20 cm. Embora os valores não apresentem diferenças entre os tratamentos que receberam calcário, todos foram diferentes da testemunha, indicando, assim, que a porcentagem de saturação em bases responde bem à calagem. LAROCHE (1967) encontrou valores de V% crescentes com aumentos de doses de carbonatos em experimento de vasos.

TABELA 4 - Valores de potássio trocável, fósforo solúvel, CTC efetiva e porcentagem de saturação em bases nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.

Tratamento	K ⁺		µg/ml		P		meq/100 ml T.F.S.A.				% de saturação em bases (V%)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	124	68	13	5			2,7	1,7	73 ⁽²⁾ b		44	
1,4 t cal./ha	148	81	17	7			3,2	2,6	93	a	78	
2,8 t cal./ha	114	57	18	6			4,3	3,2	100	a	85	
4,2 t cal./ha	92	49	12	6			4,1	2,6	97	a	77	
5,6 t cal./ha	101	41	12	9			3,9	2,3	97	a	76	
F ⁽¹⁾	1,14	2,32	0,39	0,87			1,94	3,75	22,29**		3,48	
CV(%)	30,21	29,98	54,13	48,41			20,59	16,51	4,25		20,77	
dms	-	-	-	-			-	-	11,1		-	

(1) Valores do teste F para efeito de tratamento.

(2) Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de pelo teste de Tukey.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na profundidade de 20-40 cm, os valores de V%, nos tratamentos com calcário, foram superiores ao da testemunha, sem, contudo, diferir dessa estatisticamente. Por outro lado, verifica-se que, no geral, os valores de V% na camada de 0-20 cm foram maiores que na de 20-40 cm.

4.9. CARBONO NAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA

Os teores de carbono orgânico total, carbono nos ácidos húmicos, carbono nos ácidos fúlvicos e carbono nas huminas são apresentados na Tabela 5 e Figura 1.

O carbono orgânico total não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. No geral, em todos os tratamentos, os valores de carbono orgânico total na camada de 0-20 cm foram, em média, cerca de 25% superiores aos da camada de 20-40 cm. A quase ausência de variação do carbono orgânico em função dos tratamentos confirma os resultados de ANJOS *et alii* (1981).

Quanto ao carbono nas frações húmicas, verificou-se um comportamento semelhante ao carbono orgânico total, ou seja, praticamente não houve diferenças nos teores em função dos tratamentos e, na profundidade de 0-20 cm, os valores foram sempre superiores aos da profundidade de 20-40 cm. A distribuição do carbono nas frações húmicas estudadas confirmam os resultados encontrados por NASCIMENTO e MELO (1981), on

de o carbono aparece na seguinte seqüência:

huminas ou resíduo > ácidos fúlvicos > ácidos húmicos. POLO *et alii* (1978a) encontraram em solos sob floresta mais ácidos húmicos que fúlvicos e elevados teores de huminas.

A respeito da distribuição relativa do carbono nas frações estudadas (Figura 1), constatou-se que, em média para as duas profundidades, os teores de carbono nos ácidos húmicos representaram cerca de 4% do carbono orgânico total, enquanto que nos ácidos fúlvicos e huminas, os teores de carbono, em relação ao carbono orgânico total, foram da ordem de 25 e 58%, respectivamente.

4.10. NITROGÊNIO NAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA

Os teores de N-total no solo, nos ácidos húmicos, nos ácidos fúlvicos e nas huminas são apresentados na Tabela 6 e Figura 2.

Os teores de N-total no solo não apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos nas duas profundidades analisadas, sendo que na profundidade de 0-20 cm, os valores foram em média cerca de 22% maiores que os da profundidade de 20-40 cm.

Os resultados para N-total no solo evidenciam um comportamento semelhante ao encontrado para carbono orgânico total, o que já era de se esperar, uma vez que a quase to

TABELA 5 - Valores de carbono orgânico total, carbono-ácidos húmicos, carbono-ácidos fúlvicos e carbono-húminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.

Tratamento	% na T.F.S.A.							
	C-orgânico		C-ácidos húmicos		C-ácidos fúlvicos		C-húminas (resíduo)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	0,77	0,56 ⁽²⁾ b	0,049	0,018	0,246	0,153	0,51	0,35
1,4 t cal./ha	0,86	0,67 a	0,050	0,015	0,233	0,154	0,51	0,32
2,8 t cal./ha	0,77	0,56 b	0,023	0,011	0,184	0,169	0,45	0,26
4,2 t cal./ha	0,84	0,66 ab	0,038	0,010	0,190	0,173	0,46	0,31
5,6 t cal./ha	0,79	0,58 ab	0,032	0,014	0,180	0,152	0,42	0,27
F ⁽¹⁾	0,69	5,58*	2,18	0,754	2,808	0,919	1,075	1,277
CV(%)	10,25	6,55	34,90	47,63	15,30	11,26	13,90	19,36
dms	-	0,11	-	-	-	-	-	-

(1) Valores do teste F para efeito de tratamento.

(2) Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6 - Valores de N-total no solo, N-ácidos húmicos, N-ácidos fúlvicos e N-huminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.

Tratamento	% na T.F.S.A.							
	N-total		N-ácidos húmicos		N-ácidos fúlvicos		N-huminas (resíduo)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	0,079	0,057	0,005	0,001	0,024	0,021	0,026	0,020
1,4 t cal./ha	0,076	0,055	0,004	0,002	0,026	0,023	0,031	0,020
2,8 t cal./ha	0,067	0,055	0,002	0,002	0,023	0,020	0,032	0,025
4,2 t cal./ha	0,077	0,058	0,003	0,002	0,025	0,021	0,033	0,026
5,6 t cal./ha	0,069	0,062	0,002	0,002	0,024	0,019	0,029	0,025
F ⁽¹⁾	1,334	0,771	2,235	2,875	0,663	1,703	1,153	1,136
CV(%)	10,71	6,62	44,01	28,69	10,50	9,93	14,72	20,45

(1) Valores do teste F para efeito de tratamento.

FIGURA 1 - Distribuição relativa do carbono nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latosol Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.

FIGURA 2 - Distribuição relativa do nitrogênio nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.

talidade do nitrogênio do solo se encontra na matéria orgânica.

Com relação ao N-total nas frações húmicas estudadas, verificou-se um comportamento semelhante ao do N-total no solo, ou seja, não houve diferença significativa dos teores em função dos tratamentos. Os valores encontrados na profundidade de 0-20 cm foram, no geral, superiores aos da profundidade de 20-40 cm, exceto para o caso dos ácidos húmicos, nos tratamentos que receberam 2,8 e 5,6 t de calcário/ha.

Quanto à distribuição relativa do N-total nas frações húmicas estudadas (Figura 2), verifica-se que, em média para as duas profundidades, os valores de N-total nos ácidos húmicos representaram cerca de 4% do N-total do solo, enquanto que nos ácidos fúlvicos e huminas os teores de N-total foram da ordem de 32 e 41%, respectivamente, em relação ao N-total do solo.

4.11. RELAÇÃO C/N NAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA

Os valores da relação C/N no solo, nos ácidos húmicos, nos ácidos fúlvicos e nas huminas são apresentados na Tabela 7 e Figura 3.

A relação C/N no solo, cujos valores estão entre 9,5 e 11,4, praticamente não apresentou variação em função dos tratamentos e da profundidade.

Por outro lado, a relação C/N nos ácidos húmi-

TABELA 7 - Relação C/N no solo, nos ácidos húmicos, nos ácidos fúlvicos e nas huminas (resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado submetido a diversos níveis de calagem e incorporação de restos de cultura de soja (1980/81). Média de 3 repetições.

Tratamento	C/N solo		C/N ácidos húmicos		C/N ácidos fúlvicos		C/N huminas (resíduo)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	9,6	9,5	10,9	18,6 ⁽²⁾ a	9,6 ⁽²⁾ a	7,2	19,7	17,5 ⁽²⁾ a
1,4 t cal./ha	11,3	12,0	12,6	6,7 b	8,9 ab	6,5	17,0	17,2 ab
2,8 t cal./ha	11,4	10,2	10,6	7,6 ab	8,0 b	8,3	13,5	11,0 b
4,2 t cal./ha	11,0	11,2	14,7	5,0 b	7,8 b	8,3	14,6	12,0 ab
5,6 t cal./ha	11,4	9,4	16,0	6,9 b	7,6 b	8,0	15,0	11,2 ab
F ⁽¹⁾	1,52	3,68	0,75	5,93*	7,46*	1,46	2,73	6,21*
CV(%)	9,64	9,14	35,91	43,32	6,47	13,80	15,89	16,53
dms	-	-	-	11,02	1,53	-	-	6,48

(1) Valores do teste F para efeito de tratamento.

(2) Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de pelo teste de Tukey.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA 3 - Distribuição relativa da relação C/N nas frações da matéria orgânica em função de níveis de calagem em um Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de cerrado.

cos apresentou no geral, valores maiores na profundidade de 0-20 cm.

Nos ácidos fúlvicos, a relação C/N variou muito pouco em função tanto de tratamento, como da profundidade, enquanto que nas huminas a relação C/N apresentou tendências de decréscimo com o aumento das doses de calcário nas duas profundidades.

5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos podem ser tiradas as seguintes conclusões:

1. A incorporação do calcário na camada arável não apresentou eficácia na correção do pH nem na neutralização do Al^{3+} trocável nas camadas mais profundas do solo estudado.
2. Nas duas profundidades estudadas houve tendência de diminuição nos teores de K^+ trocável com o aumento das doses de calcário.
3. A calagem não afetou de modo significativo a distribuição do carbono e do nitrogênio nas diferentes frações da matéria orgânica, porém houve tendência de diminuição da relação C/N das huminas.

4. A distribuição do carbono e do nitrogênio nas frações húmicas estudadas obedeceu à seguinte seqüência:

huminas > ácidos fúlvicos > ácidos húmicos.

6. LITERATURA CITADA

ABRUÑA, F.; J. VICENTE-CHANDLER e R.W. PEARSON, 1964. Effects of liming on yields in composition of hearvily fertilized grasses and on soils properties under humid tropical conditions. *Soil Sci. Soc. of Am. Proc.*, Madison, 28(5): 657-661.

AKINOLA, A.A. e R.B. COREY, 1973. The relationship between soil pH, organic matter, available phosphorus exchangeable potassium, calcium, magnesium and nine elements in the maize tissue. *Soil Sci.*, Baltimore, 115(3): 367-371.

ALMEIDA, D.L.; R.C. SALEK; M.I.S.D. RIBEIRO e G.A. SANTOS, 1981. Efeito de adubos orgânicos em culturas de tomateiro no município de Vassouras. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador. Resumos. p.57.

- ALMENDROS, O. e A. POLO, 1980. Contribución al estudio de los compuestos húmicos de los restos vegetales y de la materia orgánica en diversos suelos bajo encina. **Agrochimica**, Pisa, 5-6(24): 369-380.
- ANDREUX, F. e S.P. BECERRA, 1975. Fraccionamiento y caracterización del material húmico en algunos suelos de sabana de la Orinoquia Colombiana. **Turrialba**, Turrialba, 2(25): 191-198.
- ANJOS, J.T.; M. PUNDEK; G. TASSINARI e S.S. GRIMM, 1981. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades químicas de um Combinado húmico distrófico cultivado com milho. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 5: 50-54.
- BARBIERI, L.C.S.; W.J. MELO e P. ZANETTI NETO, 1979. Efeitos de alguns adubos verdes sobre formas de carbono e de nitrogênio de um Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus. **Resumos**. p.43.
- BLACK, C.A., 1957. **Soil-plants relationships**. New York, John Wiley. p.128-158.
- BLOOM, P.R.; M.B. McBRIDE, e R.M. WEAVER, 1979. Aluminium organic matter in Acid Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 43: 488-493.
- CATANI, R.A. e J.R. GALLO, 1955. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação de bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 30(1,2,3): 49-60.

- CATANI, R.A. e A.O. JACINTO, 1974. **Análise química para avaliar a fertilidade do solo.** Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz", 54p. (Bol. Téc. Cient. nº 37)
- COLEMAN, N.T.; E.J. KAMPRATH e S.B. WEED, 1958. Liming. **Advances in Agronomy**, New York, 10: 475-522.
- DABIN, B., 1976. Curso sobre matéria orgânica do solo. Parte 1. **Análise dos Compostos Húmicos do Solo**, CENA, Piracicaba, 55p.
- DEMATTE, J.L.I., 1980. Levantamento Detalhado dos Solos do "Campus" Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba, 114p. (mimeografado).
- DORADO, E.; J. DEL RIO e A. POLO, 1973. Ácidos húmicos e hy-matomelânicos de turbas espanholas. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, 7-8: 561-572.
- ESCOBAR, E.; N. MARTINEZ e M. BLASCO, 1972. Mineralización del carbono y nitrógeno en suelos del Putumayo, Amazonas Colombiana. Efectos de la celulosa y temperatura. **Turrialba**, Turrialba, 1(22): 47-52.
- FASSBENDER, H.W., 1978. **Química de suelos.** San José, Costa Rica, IICA, 398p.
- GARGANTINI, H.; F.A.S. COELHO; F. VERLENGLIA e E. SOARES, 1970. Levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo, Campinas, I.A.C. 32p. (mimeografado).
- HALSTEAD, R.L.; A.J. MACLEAN e K.F. NIELSEN, 1958. Ca:Mg ratio in soil and the yield and composition of alfalfa. **Can. J. of Soil Sci.**, Ottawa, 38(2): 85-93.

- HOYT, P.B., 1977. Effects of organic matter content on exchangeable Al and pH-dependent acidity of very acid soils. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, 57: 221-222.
- KONONOVA, M.M., 1966. *Soil organic matter: its role in soil formation and soil fertility*. 2.ed. Oxford, Pergamon Press, 544p.
- LAROCHE, A.F., 1967. Efeitos da calagem sobre o complexo de troca de um Latossolo tropical e os teores de cátions absorvidos pelo tomate. Recife, SUDENE - Divisão de documentação, 80 p. (Série Brasil SUDENE Agricultura, 9).
- MARTINEZ, B.H.H. e M. BLASCO, 1972. Influencia de los residuos vegetales en el nitrógeno de algunos suelos de cacao en Costa Rica. *Turrialba, Turrialba*, 3(22): 311-316.
- MEHLICH, A. e N.T. COLEMAN, 1952. Type of soil colloid and the mineral nutrition of plants. *Advances in Agronomy*, New York, 4: 67-99.
- MELO, W.J., 1977. Dinâmica de formas de carbono e de nitrogênio em um Latossol Roxo cultivado com *Sorghum bicolor* (L.) Moench e com *Dolichos lab lab* L., isolado ou em cultura intercalada. Jaboticabal-SP-F.C.A.V. 118p. |Tese de Livre Docência|
- MELO, W.J.; S. BUZETTI; J.M. PIZAURO Jr., 1979. Efeito da incorporação de resíduos das culturas de sorgo e labe-labe sobre formas de carbono e de nitrogênio de um Latossol Roxo. In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, Resumos. p.44.

MELLO, F.A.F.; M.C.O. BRASIL SOBR?; S. ARZOLA, 1965. Análises de Solos. Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz", 47p.

MIELNICZUK, J. e I. ANGHINONI, 1976. Avaliação da utilização das recomendações de adubo e calcário dos laboratórios oficiais de solos. Trigo e Soja, Porto Alegre, 15: 3-6.

NASCIMENTO, V.M. e W.J. MELO, 1981. Efeito da rotação de culturas sobre o teor de matéria orgânica de um solo sob vegetação de cerrado. Relatório trianual apresentado à Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"-UNESP. Ilha Solteira, SP, 93p. (não publicado).

OADES, J.M. e W.N. TOWNSEND, 1963. The influence of iron on the stability of soil organic matter during peroxidation. J. Soil Sci., Oxford, 1(14): 134-143.

ORTEGA, C.; C. FORTUN; A. POLO e E. DORADO, 1979. Estudio de las variaciones en el crecimiento de la raiz de guisante producidas por tres ácidos húmicos. Anales de Edafología y Agrobiología, Madrid, 7-8: 1399-1407.

POLO, A.; E. DORADO e A.G. VILLARACO, 1978b. Transformación en la matéria orgânica de suelos sometidos a incubación. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), Madrid, 76: 5-11.

POLO, A.; E. DORADO; F. VELASCO e A.G. VILLARACO, 1978a. Fraccionamiento y estructura de los ácidos húmicos de diversos ecosistemas forestales de la meseta castellana. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), Madrid, 76: 159-169.

PRATT, P.F., 1966. Química do Solo. Rio de Janeiro, MA/USAID, (1). 88p. (mimeografado).

PRIMAVESI, A.M., 1973. Influência do teor de cálcio sobre o nível de matéria orgânica em solos nativos do Rio Grande do Sul. In: XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, Anais. p.389-397.

PRIMAVESI, A.M. 1980. O manejo ecológico do solo. São Paulo, Livraria Nobel S/A, 541p.

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba. E.S.A. "Luiz de Queiroz", 56p.

SCHNITZER, M. e S.I.M. SKINNER, 1968. Alkali versus acid extraction of soil organic matter. Soil Sci., Baltimore, 6(105): 392-396.

SCHNITZER, M., 1975. Contribution of organic matter to the cation exchange capacity of soils. Nature, London, 4997 (207): 667-668.

SOUZA, E.A. e A.M.L. NEPTUNE, 1979. Efeitos da granulometria de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 3: 120-125.

THOMAS, W.G., 1975. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminum in acid soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 39: 591.

- TOLEDO, A.P.P., 1973. Contribuição ao estudo físico-químico de ácido húmico extraído de sedimento. São Paulo - SP, USP, 136p. |Dissertação de Mestrado|
- VAN RAIJ, B. e M.A.T. ZULLO, 1977. Métodos de análises de solo. Campinas, IAC. 16p. (Circular nº 63).
- VAN RAIJ, B.; A.P. CAMARGO; H.A.A. MASCARENHAS; R. HIROCE; C.T. FEITOSA; C. NERY e C.R.P. LAUN, 1977. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 1: 28-31.
- VETTORI, L., 1969. Métodos de análises de solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. EPE - M.A., Rio de Janeiro, 24p.
- VOLKOFF, B. e M.J. ANDRADE, 1975. Caracterização da matéria orgânica de alguns solos ferrolíticos do Estado da Bahia: Aplicação de um método de fracionamento das substâncias húmicas. In: XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Campinas, Anais. p.119-126.
- WIKLANDER, L., 1964. Cation and anion exchange phenomena. In: F.E. BIER, ed. Chemistry of the soil. 2.ed., New York, Reinhold, p.163-205.