

**EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE *Crotalaria juncea* L. SOBRE ALGUMAS
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DO DESENVOLVIMENTO
INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)**

LUIZ ANTÔNIO DE BASTOS ANDRADE
- E. S. A. L. -

Orientador: DR. JAIRO TEIXEIRA MENDES ABRAHÃO

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março, 1982

,i.

À minha esposa e filhas,
a meus pais e irmãos,
ã D. Teresa "IN MEMORIAN"

D E D I C O

A G R A D E C I M E N T O S

O autor expressa sua gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, em especial:

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao Convênio *CAPES/PICD/ESAL*, que tornaram possível a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. *Jairo Teixeira Mendes Abrahão*, pela amizade e orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. *Oswaldo Pereira Godoy*, pela valiosa ajuda e sugestões.

À Profa. Dra. *Alaídes P. Ruschell*, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela orientação no que se refere à determinação da atividade microbiana do solo.

Ao Prof. Dr. *Humberto de Campos*, pelas sugestões no que se refere à parte estatística deste trabalho.

Ao Prof. Dr. *Zilmar Ziller Marcos*, pelas sugestões.

Ao Departamento de Ciências do Solo da E.S.A.L., pela realização das análises físicas e químicas do solo.

Ao Prof. *Marco Antônio de Andrade*, do Departamento de Agricultura da E.S.A.L., pela amizade e incentivo.

Ao Engenheiro Agrônomo *Jorge Potascheff*, pelo apoio prestado.

.iii.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura da ESALQ, na pessoa do Sr. José Carlos Ferraz, pelo auxílio prestado na parte de campo deste trabalho.

À todos os professores e colegas do curso, pela amizade e convívio.

À DEUS, por todos os benefícios concedidos.

Í N D I C E

	<i>Página</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades	4
2.2. <i>Crotalaria</i> como adubo verde	9
2.3. Efeitos da adubação verde e incorporação de res <u>u</u> tos culturais nas características do solo . . .	12
2.3.1. Efeito nas características químicas. . .	13
2.3.1.1. Teores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica	13
2.3.1.2. Teor de alumínio e pH.	19
2.3.1.3. Teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.	21
2.3.2. Efeitos nas características físicas. . .	24
2.3.3. Efeitos na biologia do solo.	29
2.4. Efeitos da adubação verde e incorporação de res <u>u</u> tos culturais na cultura da cana-de-açúcar. . .	31
3. MATERIAL E MÉTODO.	46
3.1. Localidade e solo.	46
3.2. Preparo do solo para a instalação do experimen <u>u</u> to.	50
3.3. <i>Crotalaria juncea</i> L.	50
3.3.1. Cultivar.	50
3.3.2. Sementes	51
3.3.3. Semeadura e tratos culturais.	51
3.3.4. Época de corte, tipos e formas de incor <u>u</u> poração.	51

	.v.
3.4. Quantidade de massa vegetal incorporada ao solo	53
3.5. Cana-de-açúcar.	55
3.5.1. Variedade.	55
3.5.2. Mudanças.	55
3.5.3. Plantio.	55
3.5.4. Tratos culturais.	56
3.6. Delineamento experimental.	56
3.7. Parâmetros analisados.	57
3.7.1. Solo	57
3.7.1.1. Características físicas.	58
3.7.1.2. Características químicas.	58
3.7.1.3. Atividade microbiana.	59
3.7.2. Cana-de-açúcar.	60
3.7.2.1. Velocidade de emergência	60
3.7.2.2. Porcentagem de brotação.	61
3.7.2.3. Número de colmos.	61
3.7.2.4. Altura do colmo primário.	62
3.7.2.5. Número de folhas/colmo primário.	62
3.8. Análises estatísticas.	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	66
4.1. Solo.	66
4.1.1. Características físicas.	66
4.1.1.1. Densidade aparente do solo.	69
4.1.1.2. Porosidade total.	72
4.1.2. Características químicas.	73
4.1.2.1. Teores de carbono e matéria orgânica.	76
4.1.2.2. Teores de alumínio, cálcio + magnésio e pH	79
4.1.2.3. Teores de potássio e fósforo	89

	.vi.
4.1.3. Atividade microbiana.	94
4.2. Cana-de-açúcar.	101
4.2.1. Porcentagem de brotação e velocidade de emergência.	101
4.2.2. Altura do colmo primário, numero de fo lhas por colmo primário e número de col mos por área útil de parcela.	105
5. CONCLUSÕES.	112
6. LITERATURA CITADA.	114

EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE *Crotalaria juncea* L. SOBRE
ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DO DESENVOLVIMENTO
INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

Luiz Antônio de Bastos Andrade

ORIENTADOR: *Jairo Teixeira Mendes Abrahão*

RESUMO

Com o objetivo de estudar, por ocasião da reforma de canavial, sem a perda de um ano agrícola, o efeito da adubação verde e da incorporação dos resíduos de desfibramento de *Crotalaria juncea* L sobre algumas características do solo e sobre a brotação e desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade NA 56-79, conduziu-se em Piracicaba-SP,, durante o ano agrícola 1980/81, um experimento em Terra Roxa Estruturada, tradicionalmente cultivada com esta cultura.

Após a destruição das soqueiras de cana e preparo do solo (setembro/80), procedeu-se a semeadura da crotalaria (outubro/80) sem o emprego de adubações. Cerca de 120 dias após efetuou-se a aplicação dos tratamentos que constaram da

incorporação ao solo de plantas inteiras de crotalaria, dos resíduos de desfibramento desta leguminosa e da vegetação espontânea nas parcelas em pousio (Testemunha). Uma semana depois procedeu-se ao plantio da cana-de-açúcar (Fevereiro/81).

No solo estudou-se os efeitos na densidade aparente, porosidade total, teores de carbono, matéria orgânica, alumínio trocável, cálcio+magnésio trocáveis, potássio trocá - vel, fósforo assimilável, índice pH e atividade microbiana. As amostragens foram realizadas antes e após incorporação da massa vegetal, até quatro meses.

Na planta estudou-se a porcentagem de brotação, velocidade de emergência, altura do colmo primário, número de folhas/colmo primário e número de colmos/área útil de parcela (os três últimos parâmetros aos 70, 100, 130 e 160 dias após o plantio)

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com oito repetições, e, exceto para a porcentagem de brotação e velocidade de emergência, todos os parâmetros foram analisados segundo o delineamento em blocos e esquema de parcelas subdivididas no tempo.

No solo, poucas alterações ocorreram e, de uma maneira geral, todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento em função do tempo. Não houve efeito da adubação verde e da incorporação dos resíduos de desfibr

mento na porosidade total, nos teores de carbono, matéria orgânica, alumínio trocável, fósforo assimilável, potássio trocável e na atividade microbiana do solo, em nenhuma das épocas de amostragens. Para cálcio+magnésio trocáveis, apenas aos 90 dias após incorporação, a adubação verde aumentou estes teores no solo. Na densidade aparente observou-se uma diminuição significativa, porém temporária, para as duas formas de incorporação. Estas, provocaram ainda, uma diminuição no pH do solo.

Não houve efeito dos tratamentos no desenvolvimento vegetativo inicial de cana-de-açúcar. Entretanto, é viável a extração de fibras de *Crotalaria juncea* L. em rotação, pois, aumenta a renda líquida dos produtores e a incorporação apenas dos resíduos de desfibramento aumenta a porcentagem de brotação e a velocidade de emergência da cana-de-açúcar.

THE EFFECTS OF INCORPORATION OF *Crotalaria juncea* L. ON SOME
CHARACTERISTICS OF SOIL AND INITIAL DEVELOPMENT
OF SUGAR CANE (*Saccharum spp.*).

Author: LUIZ ANTÔNIO DE BASTOS ANDRADE

Adviser: DR. JAIRO TEIXEIRA MENDES ABRAHÃO

SUMMARY

The objective of this research was to study, between destruction of sugar cane roots and new plantation, the effects of green manuring and incorporation of shredding residues of *Crotalaria juncea* L. on some characteristics of soil and on emergency and initial development of sugar cane (*Saccharum spp.*), variety NA 56-79, in township of Piracicaba, State of São Paulo, from 1980 to 1981. The experiment was carried out in "Terra Roxa Estruturada" Alfisols, the traditional area of sugar cane plantation.

After destruction of sugar cane roots and soil preparation (September, 1980), the sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.)

was sowed (October, 1980) without fertilizers. About 120 days after, the treatments were applied: (a) green manuring with sunnhemp, (b) incorporation of shredding sunnhemp residues and, (c) incorporation of natural vegetation (control). After a week, the plantation of sugar cane was realized (February, 1981).

In the soil, the following characteristics were on analysed: (a) bulk density, (b) total porosity, (c) carbon levels, (d) organic matter, (e) exchangeable aluminum, (f) exchangeable calcium and magnesium, (g) exchangeable potash, (h) available phosphorus, (i) pH and (j) microbiological activity. The soil samples were taken after and before the application of treatments, until four months.

In the sugar cane the following characteristics were studied: (a) percentage of emergency, (b) speed of emergency, (c) high of primary stalk, (d) number of leaves/primary stalk and (e) number of Stalks/useful area of parcel. The last three parameters were taken place on 70, 100, 130 and 160 days after planting.

The experimental design used was randomized blocks, with eight replications. All the parameters were analysed according to a split plot in time arrangement of treatments in a randomized block design, except for the percentage and speed of emergency.

The results showed that a few variations occurred in the soil. In general all the treatments showed the same tendency of conducting in function of the time. There was no effect of green manuring and incorporation of shredding sunnhemp residues in the total porosity, in the carbon, organic matter, available phosphorus, exchangeable aluminum, exchangeable potash levels and microbiological activity of the soil. Results all showed that green manuring increased the level of exchangeable calcium and magnesium in the soil only after 90 days from incorporation. The green manuring and the incorporation of shredding sunnhemp residues decreased the bulk density, but temporarily. Also these incorporations decreased the pH in the soil.

There was no effect of treatment on the initial vegetative development of sugar cane. However it is practicable the extraction of fibre of *Crotalaria juncea* L. in rotation with sugar cane, because can increase the liquid returns of producers and the incorporation of shredding sunnhemp residues increases the percentage of emergency of sugar cane.

1. INTRODUÇÃO

O manejo inadequado do solo pode, ao longo do tempo, trazer sérias consequências, exaurindo-o de suas reservas orgânicas e minerais, transformando-o em terras de baixa fertilidade. Principalmente nos solos tropicais onde existem condições favoráveis à ocorrência destes fenômenos, como por exemplo, decréscimo no conteúdo de matéria orgânica (MELLO e BRASIL SOBRINHO, 1960 a), torna-se necessário o emprego constante de práticas que visam minimizar o problema.

No nosso País, a cana-de-açúcar que ocupa uma área de 2.536.976 ha (BRASIL, 1980), é cultivada ininterruptamente num mesmo solo por vários anos. O que se faz após o

último corte econômico de um talhão é a destruição de suas soqueiras e um novo plantio da cana-de-açúcar, menosprezando a rotação de culturas ou adição de matéria orgânica ao solo, práticas estas que viriam a ser benéficas. A única preocupação restringe-se ao emprego da adubação mineral no plantio que, na maioria das vezes, tem sido feita de maneira arbitrária. Além disso, devido ao manejo da cultura, tem surgido ainda problemas de compactação de solo. Assim, com o passar do tempo, a tendência é que ocorra uma queda de fertilidade e, conseqüentemente, menores rendimentos na cultura.

Dos diversos recursos de que podemos lançar mão para melhorar as características químicas, físicas e microbiológicas destes solos, ressalta em importância e viabilidade, o da incorporação de matéria orgânica sob forma de adubação verde. Com a utilização de um adubo verde de rápido desenvolvimento vegetativo e de boa produção de massa, como a *Crotalaria juncea* L., é possível na lavoura canavieira a incorporação de uma apreciável quantidade de matéria orgânica no período compreendido entre a destruição das soqueiras e o novo plantio, portanto, sem a perda de um ano agrícola.

A *Crotalaria juncea* L., além de excelente adubo verde é planta produtora de fibra de alta qualidade e de grande valor comercial. Seria uma boa alternativa para promover o uso mais racional do solo e para incrementar a renda lí

quida dos pequenos e médios produtores de cana se, por ocasião da reforma do canavial e sem a perda de um ano agrícola, esta leguminosa fosse cultivada com a finalidade de adubação verde, extraíndo-se as fibras e incorporando ao solo apenas a massa vegetal resultante do desfibramento.

Tendo em vista as considerações apresentadas é objetivo do presente trabalho, numa primeira etapa, estudar por ocasião da renovação do canavial os efeitos da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L., em algumas características físicas, químicas e na atividade microbiana do solo, assim como os seus efeitos na brotação e no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade NA56-79.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Generalidades

Denomina-se adubo verde a planta cultivada com a finalidade precípua de enriquecer o solo com sua massa vegetal produzida no próprio local ou importada. A prática de cultivo e incorporação dá-se o nome de adubação verde.

Embora sejam utilizadas como adubo verde as mais diferentes plantas, inclusive gramíneas (FLOCKER *et alii*, 1958; ARMY e HIDE, 1959; CAMARGO *et alii*, 1962; BONFILS, 1963; GIDDENS *et alii*, 1965; MIYASAKA *et alii*, 1965a; DÖBEREINER e ALVAHYDO, 1966; MIYASAKA *et alii*, 1966a; MIYASAKA *et alii*, 1967;

BEATY e GIDDENS, 1970; BULISANI *et alii*, 1972 e DYKE *et alii*, 1977), o uso das leguminosas constitui prática mais racional e difundida para essa finalidade.

As razões de preferência pelas leguminosas são várias. Para KIEHL (1960) o principal aspecto está no fato de que as leguminosas são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico através de bactérias que vivem em simbiose com as suas raízes. NEME (1961) cita que além da grande produção de massa, as leguminosas apresentam uma matéria orgânica mais rica em minerais. Elas geralmente possuem um sistema radicular bem ramificado e profundo, capaz de extrair os nutrientes que se encontram nas camadas mais profundas do solo (não prontamente disponíveis) e que são devolvidos à camada arável após a incorporação da leguminosa ao solo, aumentando suas disponibilidades para a cultura seguinte (SCHAAFFHAUSEN, 1968). Além desses aspectos, as leguminosas apresentam ainda uma relação C/N mais favorável à biologia do solo com uma relação que se encontra em torno de 20/1 (ALBUQUERQUE, 1976).

Os benefícios obtidos pela prática da adubação verde enumerados por Arakeri *et alii*, citados por SEETHARAMAN *et alii* (1974), seriam: incrementos no teor de matéria orgânica e nitrogênio no solo; auxílio na conservação dos nutrientes que são absorvidos e retidos na planta e, como consequência, evitam perdas por lixiviação que podem ocorrer quando o

terreno é deixado em pousio; aumento na disponibilidade de nu
trientes seja pela maior mobilização ou pela secreção de gran
de quantidade de ácidos orgânicos liberados durante a decompo
sição, tornando os nutrientes mais solúveis e prontamente dis
poníveis; melhoria da estrutura do sub-solo visto que suas raí
zes aprofundam criando assim um melhor ambiente para o desen
volvimento da cultura subsequente; incremento no desenvolvi
mento de microorganismos benéficos ao solo; boa cobertura ve
getal diminuindo os riscos de erosão através de sua ação impe
dindo o respingo direto da chuva sobre o solo e sua livre ação
por meio de enxurradas, protegendo ainda a superfície do solo
com relação ao calor solar; indiretamente também suprime ou
diminui a infestação de plantas daninhas principalmente gramí
neas; aumento na capacidade de retenção de água do solo.

Entretanto, apesar desta prática ser sempre
aconselhada, pouco tem sido utilizada nas grandes culturas.
Supõe-se que dentre os motivos que impedem a adoção mais gene
ralizada dessa técnica, as principais sejam: pouca evidência
numérica sobre os benefícios da prática (GARGANTINI *et alii*,
(1958); custos de operação (BEATY e GIDDENS, 1970; SHIH-CHUNG
e CHIN-CHEN, 1970 e FREITAS E FARIA, 1981); pouca disponibili
dade de sementes (BHADURIA e MATHUR, 1973); ausência de vanta
gens imediatas para os agricultores (DYKE *et alii*, 1977) e au
sência de um esquema operacional que permita o aproveitamento da adu

bação verde nas grandes culturas (GLÓRIA *et alii*, 1980).

Além disso, num razoável número de experiências realizadas a adubação verde fracassou totalmente, não só deixando de afetar favoravelmente a produção da cultura subsequente como até prejudicando-a (BERNARDY, 1954; JOFFE, 1955; KROONJE e KHER, 1956; VIEGAS *et alii*, 1960b; MIYASAKA *et alii*, 1965b; WUTKE e ALVAREZ, 1968 e SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN, 1970).

Para BERNARDY (1954) a adubação verde somente deve ser utilizada sob condições de adequada precipitação ou sob condição de irrigação, pois, do contrário e sob condição de evaporação elevada o adubo verde consome umidade e afeta o desenvolvimento normal da cultura subsequente. Ademais, o adubo verde no solo com pouca umidade se decompõe vagarosamente. Assim, nas regiões áridas e não irrigadas a adubação verde não pode aumentar a produtividade da cultura seguinte, podendo até mesmo diminuí-la pela competição por água.

Segundo SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN (1970) nas regiões úmidas temperadas, tais como as áreas "podzolizadas" e nas regiões quentes, tais como as áreas de solos "lateríticos", a adubação verde pode favorecer a produtividade, entre tanto, no 1º e 2º caso, tem-se respectivamente, pequeno e nenhum incremento no teor de matéria orgânica do solo e disponibilidade de nutrientes. Normalmente a adubação verde tem um

maior efeito residual nas regiões mais frias do que nas mais quentes (devido à velocidade de decomposição do adubo verde) e em solos leves tem-se encontrado uma melhor resposta à adubação verde que em solos mais pesados, sob as mesmas condições de clima. Como há uma forma específica de decomposição de um adubo verde, variável em função do tipo de solo e clima, é de se esperar que a sua influência no solo e na cultura subsequente sejam variáveis.

Relacionado com efeitos depressivos que a adubação verde pode proporcionar, dois outros aspectos devem ser considerados. O primeiro refere-se à época de plantio da cultura após a incorporação do adubo verde no solo. Se o plantio for realizado muito próximo da incorporação pode ocorrer um efeito depressivo dos produtos da decomposição afetando a germinação (reduzindo o "stand") e o desenvolvimento normal da cultura, o que vai afetar negativamente a produção (MIYASAKA *et alii*, 1966a). O segundo refere-se ao fato de que sendo as leguminosas mais eficientes na capacidade de extração de cálcions bivalentes do solo, pode ocorrer um agravamento nas deficiências desses minerais (principalmente cálcio e magnésio) se a leguminosa incorporada não liberar para a cultura seguinte, em tempo hábil, os nutrientes por ela retirados (WUTKE e ALVAREZ, 1968).

A adubação verde pode ser realizada sob forma

de cultivo exclusivo (que é o mais comum) ou então sob forma de cultivo intercalar. Neste caso, quando bem planejado de maneira a não haver competição entre culturas, os resultados são bons (PAO e HO, 1953; VIEGAS *et alii*, 1960b; VIEIRA, 1961; SILVA e VIEIRA, 1972; BHADURIA e MATHUR, 1973). Do contrário não é indicada por interferir desfavoravelmente na produção da cultura principal e ser de difícil execução na prática (CARDOZO, 1956; TANG e HO, 1968; MISRA *et alii*, 1970; JOTHIMOORTHY *et alii*, 1971 e KUMARAPERUMAL *et alii*, 1975).

2.2. *Crotalaria* como adubo verde

A leguminosa a ser utilizada na adubação verde, de acordo com MIRANDA NETO (1945), deve apresentar uma série de características, tais como: não possuir hastes sarmentosas; apresentar um sistema radicular com abundante nodosidade; crescimento rápido; multiplicação e corte fácil; não ser suscetível a doenças e nem abrigar insetos que possam afetar a cultura subsequente. Além disso deve apresentar uma boa adaptabilidade ao clima e solo da região; fácil incorporação e decomposição; grande produção de matéria seca; sementes relativamente uniformes e fáceis de serem semeadas mecanicamente (KIEHL, 1960).

Se há espécie que possa, em sua quase totalidade, preencher estes requisitos, esta é a *Crotalaria juncea* L.

Diversos trabalhos comprovam alguns destes aspectos.

Um ensaio de competição realizado por SOUZA (1953) envolvendo diversas leguminosas, tais como mucuna anã (*Stizolobium deeringianum* Steph Bort.), mucuna preta (*Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy), Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), soja Otogtã (*Glycine max* (L.) Merrill), *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria paulina* Schranck e *Crotalaria spectabilis* Roth dentre outras, mostrou que a *Crotalaria juncea* L. se destacou sobre as demais como o melhor adubo verde, graças à maior rapidez e uniformidade na germinação, melhor "stand", maior resistência às condições climáticas adversas e maior produção de massa verde e seca por área.

Outro ensaio semelhante envolvendo vinte e sete leguminosas entre espécies e variedades, conduzido por CARDOSO (1956), mostrou que a *Crotalaria juncea* L. foi o melhor adubo verde, graças à extrema precocidade de seu desenvolvimento vegetativo, a alta produção de massa verde, possibilidade de ser colhida mecanicamente e facilidade de ser incorporada ao solo.

KIHEL (1960) trabalhando com seis leguminosas, guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), mucuna preta (*Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy), mucuna rajada (*Stizolobium deeringianum* Bort), *Crota*

laria juncea L. e *Crotalaria paulina* Schranck, estudou a produção de massa e a decomposição desses adubos verdes no solo. Concluiu que tanto para a produção de massa verde como de matéria seca, as leguminosas que mais se destacaram foram a *Crotalaria juncea* L. e o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). Quanto à decomposição a *Crotalaria juncea* L. se destacou sobre as demais, apresentando uma melhor performance tanto em meio neutro como em meio ácido.

Em outros ensaios envolvendo competição de leguminosas para adubo verde a *Crotalaria juncea* L. vem sempre ocupando posição de destaque como grande produtora de massa verde (MELLO e BRASIL SOBRINHO, 1963; GLÓRIA *et alii*, 1980 e MONDARDO *et alii*, 1981).

Com relação à contribuição desta leguminosa em termos de nutrientes para o solo, os trabalhos são escassos. Baseado em dados obtidos de ensaios conduzidos e em dados de literatura, MELLO (1978) afirma que a quantidade aproximada de nitrogênio incorporado por esta leguminosa está em torno de 154 kg/ha.

As quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio incorporados pela parte aérea da *Crotalaria juncea* L. foi estimada por GLÓRIA *et alii* (1980), através de experimentos instalados em dois tipos de solo do estado de São Paulo (Latosolo Vermelho Amarelo e Latossolo Roxo). Como média dos

experimentos e tomando por base o teor dos nutrientes contidos na matéria seca desta leguminosa aos 102 dias, considerado o ponto de máxima produção, as quantidades incorporadas foram de 313 kg/ha de nitrogênio, 78 kg/ha de fósforo (P_2O_5) e 353 kg/ha de potássio (K_2O). Evidentemente que estes valores representam os resultados desses experimentos e não podem ser tomados como regra geral, mas dão uma idéia das quantidades incorporadas, que são bastante satisfatórias.

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito positivo da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. no rendimento de culturas, tais como, milho (SILVA e CHAVES, 1966; RAMIREZ, 1972), feijão (MIYASAKA *et alii*, 1966a e b; MASCARENHAS *et alii*, 1967; ALMEIDA *et alii*, 1971), arroz (MELLO e BRASIL SOBRINHO, 1960a e b) e cana-de-açúcar (PAO e HO, 1953; SHIUE, 1959; BIGI, 1962; SINGH, 1963; SINGH, 1965; MISHRA, 1966; SRIVASTAVA e PANDIT, 1968; BHADURIA e MATHUR, 1970; SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN, 1970; BHADURIA e MATHUR, 1973; KAR *et alii*, 1973 e WEI, 1979).

2.3. Efeitos da adubação verde e incorporação de restos culturais nas características do solo.

Uma das principais vantagens normalmente associada à incorporação de massa vegetal ao solo refere-se à ação que ela exerce sobre as características químicas, físicas

cas e microbiológicas deste solo, melhorando a sua fertilidade.

No entanto, existe uma controvérsia na literatura, pois enquanto alguns estudiosos afirmam ser a adubação verde uma técnica capaz de, economicamente, possibilitar a recuperação de solos depauperados, outros contestam esta afirmativa procurando demonstrar não ser uma prática que promova no solo os resultados geralmente proclamados. Conforme já mencionado, sendo o comportamento individual de cada adubo verde variável em função do tipo de solo e das condições climáticas, é de se esperar também que a sua ação no solo seja variável, algumas vezes trazendo benefícios e outras vezes não.

2.3.1. Efeitos nas características químicas

2.3.1.1. Teores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica.

Com base em diversos trabalhos realizados, JOFFE (1955) afirma que sob condições de solos leves na Nigéria a adubação verde pode até beneficiar a produção, mas, não é capaz de incrementar o teor de carbono e matéria orgânica destes solos.

Estudos conduzidos durante trinta anos por COPE *et alii* (1958) em um solo limo-arenoso do Alabama (E.U.A.) evidenciaram que a ervilhaca (*Vicia villosa* Roth) usada como

adubo verde em uma rotação com algodão e milho, ao término do período experimental, manteve o nível de carbono total do solo quando comparados ao nível inicial, enquanto que, na ausência da adubação verde, estes teores decresceram.

Para FREIRE e VIEGAS (1958) em solos cujo teor de carbono esteja no seu nível de equilíbrio para as condições que são cultivados, pouco ou nada adianta aplicar grandes quantidades de matéria orgânica se o fim visado é tão somente elevar esse teor. A adição de palhada de milho (*Zea mays* L.) em uma terra roxa estruturada em São Paulo, durante onze anos, praticamente não alterou o teor de carbono, nitrogênio e a relação C/N deste solo. Resultados semelhantes foram também obtidos por ARMY e HIDE (1959) quando estudaram, ao final de quatro anos, a influência da adubação verde anual com trevo (*Trifolium spp.*), ervilhaca (*Vicia villosa* Roth) e *Lolium spp.* no teor de carbono e nitrogênio total de três tipos de solos (limoso, aluvial e glacial) na Grande Planície de Montana (E.U.A.)

Já MANN (1959), em solos arenosos semi-ácidos de Woburn (Inglaterra), verificou aumentos significativos no teor de matéria orgânica e nitrogênio total quando estudou, durante dezoito anos, o efeito da adubação verde anual com diversas espécies (*Brassica nigra* L.; *Brassica campestris* L.; *Vicia villosa* Roth; *Lupinus spp.*; *Secale cereale* L. e *Trifo*

lium spp.) sobre aqueles teores do solo. Na ausência da adubação verde os teores de nitrogênio total e matéria orgânica decresceram.

Experimentos realizados por VIEGAS *et alii* (1950a) em que determinaram, ao final de dez anos, o efeito da adubação verde anual com mucuna preta (*Stizolobium atterimum* Piper e Tracy) sobre diferentes tipos de solos de São Paulo (Arenito de Baurú, Glacial e Terra Roxa Misturada), mostraram que a adubação verde aumentou o teor de carbono, nitrogênio total e matéria orgânica dos três tipos de solos, porém, de maneira não significativa.

ROCHE e VELLI (1961), com base em sete experimentos de campo e usando diversas leguminosas, estudaram a eficácia da adubação verde em manter a fertilidade de alguns tipos de solos de Madagascar (África). Os resultados obtidos foram variáveis e não apresentaram uma mesma tendência regular. Enquanto se obteve com a adubação verde aumentos signicativos no teor de nitrogênio total e carbono nos solos ferrolíticos vermelhos derivados de anfibólio ou de gabro, em solos ferrolíticos amarelos aluviais e ferrolíticos pardos derivados de basalto houve uma diminuição destes teores. Em solos hidromórficos húmicos e aluviões fluviais aumentou o teor de nitrogênio total mas diminuiu o teor de carbono.

Segundo BONFILS (1963), nos solos arenosos do Senegal onde as condições pluviométricas são satisfatórias, a utilização da prática da adubação verde não é capaz de aumentar o conteúdo de nitrogênio total e de matéria orgânica do solo, mas, é capaz de conservar estes teores quando comparado aos teores iniciais. A mesma opinião é compartilhada por SINGH (1963) baseado em estudos conduzidos no mesmo tipo de solo na Índia.

Já estudos conduzidos por PAI (1963) em solos limo-arenosos de Taiwan (China), mostraram que o uso de adubo verde isolado ou em mistura com palhada de cana (*Saccharum spp.*) foram eficientes ao incrementar significativamente o conteúdo de nitrogênio total e matéria orgânica do solo. Resultados semelhantes foram também obtidos por GIDDENS *et alii* (1955) para o mesmo tipo de solo na Geórgia (E.U.A.) usando centeio (*Secale cereale* L.) como adubo verde fertilizado com altas doses de nitrogênio (112 e 168 kg/ha) e por YANG (1966) ainda para o mesmo solo usando *Crotalaria juncea* L., *Sesbania aculeata* Pers. e *Arachis hypogaea* L. na adubação verde.

MASCARENHAS *et alii* (1967) avaliaram as modificações sofridas em algumas características químicas de dois tipos de solo de São Paulo (Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro-Orto) pela adubação verde com *Crotalaria juncea* L., empregando-se toda a vegetação ou retirando-se as hastes

pojadas de suas folhas. Para o teor de carbono do solo, apenas quando se fez a retirada das hastes é que ocorreu uma ligeira elevação, ainda que pouco expressiva, enquanto que com a incorporação de toda a planta o teor (determinado quatro meses após) se manteve igual ao original. Também WUTKE e ALVA REZ (1968), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico, verificaram que a adubação verde com *Crotalaria juncea* L. também não contribui para a elevação dos teores de nitrogênio total e carbono do solo, contribuindo apenas para a manutenção dos teores iniciais.

TANG e HO (1968) verificaram que a adubação verde com *Crotalaria juncea* L., desenvolvida como cultura intercalar na cana-de-açúcar em um solo aluvial de Taiwan (China), levou a uma diminuição no conteúdo de matéria orgânica determinado em amostras de solo tomadas aos quatro, seis, oito e nove meses após a incorporação do adubo verde.

Trabalhos conduzidos por CHATER e GASSER (1970) em solos arenosos semi-ácidos de Woburn (Inglaterra) comprovaram que ao final de trinta anos após incorporação anual ou bianual de diversos adubos verdes, entre eles *Trifolium spp.* e *Lolium spp.*, os solos mantiveram a porcentagem original de carbono e nitrogênio total enquanto que na adubação verde houve uma redução significativa nestes teores.

BULISANI *et alii* (1972) não detectaram influência da adubação verde com soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) no teor de carbono de um Latossolo Vermelho Escuro fase rasa em Jundiaí (São Paulo) aos quatro meses após incorporação dos adubos verdes. Já BAVASKAR e ZENDE (1973) através de trabalhos desenvolvidos em solos arenosos da Estação Experimental de Padegeon (Índia), encontraram um aumento significativo no teor de carbono de solo com a utilização de *Crotalaria juncea* L. como adubo verde. Resultados semelhantes foram também obtidos por HUANG e WANG (1974) utilizando a mesma leguminosa em um solo limo-arenoso de Taiwan (China) e por VITTI *et alii* (1979) em um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa em São Paulo quando estudaram a influência de cinco leguminosas (*Dolichos lablab* L., *Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy, *Cajanus cajan* (L.) Mill., *Stizolobium deeringiamum* Bort. e *Canavalia ensiformis* DC) determinando o teor de carbono através de amostras retiradas aos três, seis, nove e doze meses após a incorporação destes adubos verdes.

TANAKA *et alii* (1981) em Minas Gerais, não observaram diferenças no teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho Escuro, textura média, quatro meses após a adubação verde com *Crotalaria juncea* L., *Cajanus cajan* (L.) Mill., *Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy e *Canavalia ensiformis* DC.

2.3.1.2. Teor de alumínio e pH

VIEGAS *et alii* (1960a) estudaram, ao final de dez anos, o efeito da adubação verde anual com mucuna preta (*Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy) em algumas características químicas de três diferentes tipos de solos de São Paulo (Arenito de Baurú, Glacial e Terra Roxa Misturada). Não houve efeito da adubação verde no teor de alumínio do solo e com relação ao pH, apenas em Terra Roxa Misturada verificou-se um decréscimo.

Um aumento no valor do pH em uma Terra Roxa Misturada e uma diminuição em um Latossolo Vermelho Amarelo foram encontrados por CAMARGO *et alii* (1962); estudando, após cinco meses, o efeito da adubação verde com *Crotalaria spectabilis* Roth e *Secale cereale* L. nestes dois tipos de solos.

KANWAR *et alii* (1965) estudaram o efeito da adubação verde com *Sesbania aculeata* Pers. sobre o pH de solos sódicos salinos de Punjab (Índia). Verificaram que com a adubação verde ocorreu uma diminuição significativa mostrando ser esta prática tão efetiva quanto gesso na correção do pH daqueles solos naquela região.

TANG e HO (1968) verificaram que a adubação verde com *Crotalaria juncea* L. em um solo aluvial de Taiwan (China) levou a uma diminuição do pH do solo detectada através de amostragens realizadas aos quatro, seis, oito e nove meses após a realização da prática.

EIRA e CARVALHO (1970) estudaram em Piracicaba (São Paulo), a decomposição de algumas fontes de carbono no solo e sua influência nas variações do pH de um Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, de reação ácida. Quando se adicionou palhada de cana (*Saccharum spp.*), por ocasião de sua decomposição, verificou-se uma elevação significativa do pH.

Em um Latossolo Vermelho Escuro fase rasa, BU LISANI et alii (1972), estudando o efeito da incorporação de soja perene (*Glycine wigtii* Verdc.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) sobre algumas características químicas do solo, verificaram que não houve influência da adubação verde sobre o pH após quatro meses de realização da prática.

Trabalhos conduzidos por FERRAZ (1978) mostram que a adição de resíduos vegetais de três espécies nativas (*Rhynchospora exaltata*, *Cesalphina spp.* e *Cesalphina bracteosa* Tull.) e de duas espécies exóticas (*Eucalyptus robusta* S. M. e *Pinus alliotii* Elgen var. *elliotti*) em um solo sob vegetação de cerrado, elevou significativamente o pH e reduziu o

teor de alumínio livre deste solo. Resultados semelhantes a estes foram também obtidos por MELLO *et alii* (1979) verificando o efeito da incorporação de restos culturais de milho (*Zea mays* L.) sobre aqueles dois parâmetros em cinco séries de solo do município de Piracicaba (São Paulo).

Já VITTI *et alii* (1979) chegaram a resultados completamente opostos quando verificaram, aos três, seis, nove e doze meses após incorporação de cinco leguminosas (*Dolichos lablab* L., *Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy, *Cajanus cajan* (L.) Mill., *Stizolobium deeringianum* Bort. e *Canavalia ensiformis* DC) em um Latossolo Vermelho Amarelo, um aumento significativo no teor de alumínio livre e uma diminuição também significativa no pH deste solo.

2.3.1.3. Teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio

Com base em trabalhos desenvolvidos, DALTON *et alii* (1952) afirmam que a adição de matéria orgânica ao solo, sob forma de adubação verde, é efetiva no incremento da disponibilidade de fosfatos do solo.

MELLO e BRASIL SOBRINHO (1960b) estudaram, em vasos, o efeito da incorporação de resíduos de mucuna preta (*Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy), *Crotalaria juncea* L. e feijão baiano (*Vigna sesquipedalis* W.F. Wight) sobre o teor

de cálcio trocável de um solo arenoso. Verificaram que, para as duas primeiras leguminosas, houve um aumento significativo neste teor, determinado cerca de quatro meses após a prática.

Exceto para uma Terra Roxa Misturada, onde ocorreu uma diminuição significativa no teor de cálcio + magnésio e fosfato, VIEGAS *et alii* (1960a) não encontraram efeito da Mucuna preta (*Stizolobium atterimum* Piper e Tracy) usada como adubo verde na disponibilidade de nutrientes de um solo Arenito de Baurú e de um solo Glacial após dez anos consecutivos de execução do experimento.

CAMARGO *et alii* (1962), estudando a influência da adubação verde com *Crotalaria spectabilis* Roth e *Secale cereale* L. nas características químicas de uma Terra Roxa e de um Latossolo Vermelho Amarelo, verificaram, após cinco meses de realização da prática, que não houve efeito significativo da adubação verde nos teores de P_2O_5 ; K_2O e CaO destes solos.

SUBBIAH e MANNIKAR (1964) comprovaram experimentalmente, através de isótopos radioativos, a capacidade da *Crotalaria juncea* L. e de mais dois adubos verdes (*Sesbania aculeata* Pers. e *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub) em retirar o fósforo do sub-solo e transferi-lo para a camada superficial do solo após seu enterrio e decomposição, aumentando a sua disponibilidade na camada arável.

MASCARENHAS *et alii* (1977), incorporando *Crotalaria juncea* L. em um Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro orto, verificaram um aumento no teor de potássio e nenhuma influência no teor de fósforo do solo quatro meses após a realização da prática.

Entretanto, uma diminuição na disponibilidade de potássio e fósforo de um solo aluvial em Taiwan (China) como resultado da prática da adubação verde em *Crotalaria juncea* L.) foi obtida por TANG e HO (1969), após seis, oito e nove meses da incorporação da leguminosa ao solo.

Num Latossolo Vermelho Escuro fase rasa BULISANI *et alii* (1972) estudaram o efeito da adubação verde com soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) sobre algumas características químicas do solo. Amostras de solo foram retiradas antes e quatro meses após realização da prática. Verificaram que a incorporação da leguminosa elevou consideravelmente o teor de potássio e manteve o mesmo nível de cálcio + magnésio, enquanto que a incorporação da gramínea não alterou o teor de potássio e diminuiu o teor de cálcio do solo.

Já BAVASKAR e ZENDE (1973), através de trabalhos conduzidos em solos arenosos da Estação Experimental de Padegeon (Índia), encontraram um aumento significativo no teor de cálcio + magnésio do solo utilizando-se da *Crotalaria jun*

cea L. como adubo verde.

VITTI *et alii* (1979) estudaram a influência de alguns adubos verdes (*Dolichos lablab* L., *Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy, *Cajanus cajan* (L.) Mill., *Stizolobium deeringianum* Bort. e *Canavalia ensiformis* DC) na fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa. Em todas as épocas de amostragens (três, seis, nove e doze meses após incorporação) e para todas as leguminosas estudadas, os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo solúvel, encontrados nas parcelas com adubo verde eram estatisticamente menores que aqueles teores encontrados na testemunha. Desta forma, a adubação verde contribuiu para diminuir a disponibilidade destes nutrientes no solo nas condições estudadas.

2.3.2. Efeitos nas características físicas

Um dos efeitos mais importantes da adição de matéria orgânica ao solo é a modificação na sua capacidade de retenção de água, devido à higroscopicidade da matéria incorporada, à diminuição da densidade aparente e aumento da porosidade total do solo; outro é a alteração na distribuição do tamanho dos agregados, modificando a distribuição dos tamanhos dos poros e aumentando a capacidade adsortiva do solo, devido ao aumento na sua superfície específica. Além disso tem efeito ainda sobre a consistência, permeabilidade, aeração e temperatura do solo.

Alguns trabalhos mostrando o efeito da adubação verde como fonte de matéria orgânica nas propriedades físicas do solo são apresentados a seguir.

JOFFE (1955), analisando a evidência dos benefícios concedidos pela prática da adubação verde nos solos da "zona de laterização", afirma que, nas propriedades físicas, o efeito benéfico da incorporação de uma grande massa de adubo verde não é devido à estabilização da estrutura, mas, simplesmente, ao aumento do volume do solo, com uma diminuição na sua densidade aparente.

Trabalhos desenvolvidos por FLOCKER *et alii* (1958), verificando o efeito da adubação verde anual com soja (*Glycine max* (L.) Merrill), ervilhaca (*Vicia villosa* Roth.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) nas propriedades físicas de um solo limo-arenoso de Hespéria na Califórnia (E.U.A.), mostraram que, ao final de oito anos de condução do experimento, houve um aumento significativo no teor de umidade do solo, não alterando significativamente, entretanto, a taxa de infiltração e a densidade total do solo.

GIDDENS *et alii* (1965) estudaram em um solo limo-arenoso da Geórgia (E.U.A.), o efeito da adubação verde com centeio (*Secale cereale* L.) sobre algumas de suas propriedades físicas. Verificaram que o adubo verde provocou uma diminuição significativa na densidade apa-

rente do solo, aumento do espaço poroso e um incremento na porcentagem de agregados fixadores de água de 0,2 a 4,0 mm de diâmetro.

Uma melhoria significativa, porém passageira, na estabilidade estrutural e permeabilidade do solo foi obtida por MONNIER e GRASS (1965) estudando o efeito da adubação verde com *Lolium italicum* em um solo limo-arenoso na França. Enquanto nos seis primeiros meses após incorporação do adubo verde o efeito foi grande e significativo, já a partir de um ano não se verificou efeito nenhum da adubação verde sobre as duas propriedades físicas estudadas.

BEAUCHAMP (1966), com base em trabalhos realizados, recomenda o uso da adubação verde com leguminosas nos solos de baixa permeabilidade das regiões canavieiras de Cuba, afim de que seja rompida a plasticidade das argilas, produzindo melhores condições de friabilidade e melhor aeração destes solos.

MIYASAKA *et alii* (1966b) verificaram, aos quarenta e cinco dias após a incorporação de uma massa vegetal não decomposta de capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv) e soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) isoladas ou em combinação meio a meio, uma maior retenção de umidade e uma menor variabilidade térmica deste solo.

WUTKE e ALVAREZ (1968) estudaram num Latossolo Vermelho Amarelo Húmico o efeito da adubação verde anual com *Crotalaria juncea* L. no aumento de sua produtividade. Concernente à parte física do solo, ao final de três anos, a adubação verde não alterou a sua estrutura, determinada através da distribuição dos agregados estáveis em água.

Trabalhos realizados por Thompson e Smith, Thompson e Robert, ambos na Flórida e Ware e Johson no Alabama (E.U.A.) citados por SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN (1970), rostraram que o aumento da permeabilidade do solo como resultado da ação do adubo verde é resultado do solo tornar-se mais solto e do aumento de sua porosidade e não porque a sua estrutura é melhorada. Da mesma forma, BULISANI *et alii* (1972), através da prática da incorporação de soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), encontraram após quatro meses tão somente uma melhoria na aeração do solo e não uma melhoria na sua estrutura. Também KAR *et alii* (1973), com base em trabalhos conduzidos, afirmam que o efeito benefico da adubação verde na parte física do solo restringe-se unicamente ao aumento de sua aeração e de sua capacidade de retenção de água.

BOGUSLAWSKI *et alii* (1976a) estudaram, durante nove anos, em um solo podzolizado em Ranish-Holzhausen (República Federal da Alemanha), o efeito da incorporação de palha

de trigo (*Triticum vulgare* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) e adubação verde com *Raphanus sativus* L., em suas propriedades físicas. Dentro da capacidade de campo a proporção de água disponível aumentou de 3 a 6 mm para os primeiros trinta centímetros do solo. Um incremento nos agregados do solo maior que 5 mm foi detectado com uma redução, principalmente, na fração menor que 0,25 mm, tanto para incorporação de palha como adubo verde mas, em maior escala, quando combinados. Adubo verde e a combinação palha + adubo verde tiveram um efeito favorável sobre a estabilidade dos agregados do solo.

MELLO *et alii* (1979), estudando em vasos, o efeito da incorporação de restos culturais de milho (*Zea mays* L.) em cinco séries de solos do município de Piracicaba (SP), verificaram um aumento significativo em suas capacidades de retenção de água.

RESCK e PEREIRA (1979) estudaram os efeitos da incorporação de restos culturais de milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e adubação verde com mucuna preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy) visando a melhoria de um Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa, na sua capacidade de retenção de água. Não houve variação significativa nos valores de retenção de água, porém, verificou-se uma tendência de diminuição destes valores após a

incorporação de restos culturais e adubo verde. Parâmetros tais como densidade aparente e real, porosidade total, foram determinados antes e após incorporação, não havendo também diferenças significativas entre eles.

2.3.3. Efeitos na biologia do solo

A matéria orgânica exerce um papel importante na biologia do solo uma vez que ela regula e determina a natureza da população microbiana e sua atividade, através do suprimento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, tornando o solo um meio favorável para seu desenvolvimento.

Embora este fato seja conhecido e comprovado, poucos trabalhos têm sido realizados com as diversas fontes de matéria orgânica, especialmente com adubação verde, para verificar o seu efeito na biologia do solo.

SCHAAFFHAUSEN (1968), estudando a possibilidade de recuperar economicamente os solos de regiões tropicais pela prática da adubação verde, verificou que a incorporação de leguminosas aos solos possibilitou a proliferação de benéficas bactérias, microorganismos e minhocas, contribuindo para o restabelecimento de condições biológicas anteriormente alteradas por cultivos sucessivos e apenas o emprego da adubação mineral.

Trabalhos conduzidos por EIRA e CARVALHO (1970) mostraram que a incorporação de palhada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em um Latossolo Vermelho Amarelo, elevou significativamente a população microbiana deste solo.

GIDDENS *et alii* (1965) estudaram em um solo limo-arenoso "Cecil" da Geórgia (E.U.A.) o efeito da adubação verde com centeio (*Secale cereale* L.), durante seis anos, sobre algumas de suas propriedades. No tocante à parte biológica do solo, verificaram que o adubo verde fertilizado com altas doses de nitrogênio (112 e 168 kg/ha) incrementaram significativamente a população microbiana do solo. Resultados semelhantes foram também obtidos por BHADURIA e MATHUR (1973) estudando o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. em um solo limo-arenoso na Índia.

BOGUSLAWSKI *et alii* (1976b) estudaram a influência, durante nove anos, da fertilização com palha de trigo (*Triticum vulgare* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) e adubo verde (*Raphanus sativus* L.) sobre a atividade microbiana de um solo podzolizado de Ranish-Holzhausen (República Federal da Alemanha). Verificaram que houve um aumento sensível da atividade microbiana do solo para as duas fontes de matéria orgânica estudadas, mas, o tratamento mais efetivo foi aquele em que se combinou palha e adubo verde.

FERRAZ (1978) estudando num solo sob vegetação

de cerrado o efeito da adição de resíduos vegetais de três espécies nativas (*Rhynchospora exaltata*, *Cesalpinha* spp. e *Cesalpinha bracteosa* Tull.) e duas exóticas (*Eucalyptus robusta* S.M. *Pinnus elliotti* Elgen var. *elliotti*) encontraram um aumento significativo na população microbiana deste solo após a realização da prática.

2.4. Efeitos da adubação verde e incorporação de restos culturais na cultura da cana-de-açúcar.

Os trabalhos realizados com a finalidade de se verificar o efeito da adubação verde na cultura da cana-de-açúcar em diversos países do mundo mostram que, de uma maneira geral, tem-se conseguido resultados bastante satisfatórios. Exceção feita para alguns poucos casos, como por exemplo, a adoção de um esquema operacional inadequado, os rendimentos de cana e de açúcar tem sido incrementados significativamente a ponto de ser esta prática recomendada para a lavoura canavieira.

São apresentados a seguir alguns resultados experimentais obtidos pela prática da adubação verde e incorporação de restos culturais nesta cultura.

CAREY e ROBINSON (1953) analisando uma série de dezoito experimentos realizados com a adubação verde na África do Sul e Índia medindo o efeito direto da incorporação

de leguminosas sobre o rendimento de cana-de-açúcar (1º corte), constataram que foram obtidos, em média, incrementos de 6,42 t/ha na África do Sul e de 13,34 t/ha na Índia com a realização desta prática. Segundo os autores uma não definida evidência do efeito residual do adubo verde foi obtido, mas, os resultados indicam que ele é pequeno.

PAO e HO (1953) estudaram na cultura da cana-de-açúcar, através de três experimentos instalados em solos arenosos, aluviais, da Estação Experimental de Cana de Taiwan (China), o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L., *Stizolobium spp.*, *Sesbania spp.* e *Vigna sinensis* L., desenvolvidas como cultura intercalar em duas épocas de plantio de cana (primavera e outono). Dados médios dos experimentos mostraram que quando se usou a *Crotalaria juncea* L. como adubo verde (as outras leguminosas não apresentaram um bom desenvolvimento vegetativo e por isso não tiveram nenhum efeito) houve um incremento na produção de açúcar por área de 14,2% e 5,7% para os plantios de primavera e outono, respectivamente. No primeiro caso o aumento foi significativo assim como o incremento obtido para o número de colmos industrializáveis por área (8,1%).

BERNARDY (1954), tecendo algumas considerações sobre a adubação verde na zona açucareira de Natal (África do Sul), afirma que esta prática somente é viável em regiões on

de existem sistemas de irrigação, pois, do contrário, não se obtém aumentos nos rendimentos de cana-de-açúcar devido à competição pela água proporcionada pelo adubo verde. Para o autor, a conservação da umidade do solo, sob certas condições, é antagônica à prática da adubação verde.

No Brasil, CARDOSO (1956) estudou, por ocasião da reforma do canavial, através de cinco ensaios de campo, o efeito da adubação verde com treze leguminosas na cultura da cana, variedades CP 34-120, Co. 419 e Co. 290. A adubação verde não afetou a porcentagem de brotação, mesmo quando o plantio de cana foi realizado sete dias após a incorporação da leguminosa. Os aumentos no rendimento de cana e de açúcar no 1º corte (cana-planta) proporcionados pela *Crotalaria juncea* L., que se destacou como o melhor adubo verde, variaram, respectivamente, de 9,5% a 22,5% e 9,0% a 16,0%, aumentos estes significativos. Com exceção de um único experimento, já não se verificou efeito da adubação verde a partir do 2º corte, mostrando que praticamente não se obteve efeito residual.

Ainda no Brasil, GARGANTINI *et alii* (1958) conduziram um trabalho cujo objetivo foi o de estudar, no período de 1954/56, a recuperação de um Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, depauperado por cultivos sucessivos, pelo emprego da adubação verde com *Crotalaria juncea* L., calagem e adubação mineral e o efeito na produtividade de cana-de-açúcar, varie

dade Co. 419. Não houve contribuição da adubação verde para o aumento dos rendimentos de cana, uma vez que, devido à extrema pobreza do solo, a *Crotalaria juncea* L. não se desenvolveu bem e foi muito baixa a sua produção de massa.

SHIUE (1959) conduziu uma série de ensaios em solos arenosos, aluviais, da Estação Experimental de Cana de Taiwan (China) com o objetivo de comparar o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. e o efeito da adubação mineral nitrogenada na produtividade de cana-de-açúcar. Nos três anos agrícolas estudados os rendimentos foram incrementados significativamente tanto para a adubação verde como para a adubação nitrogenada; no entanto, maiores respostas foram obtidas à adubação verde, especialmente no segundo ano quando o rendimento de açúcar foi 7% maior que o obtido com adubação nitrogenada. A aplicação de 20 e 40 t/ha de adubo verde correspondeu, respectivamente, a 39 e 63 kg de N/ha no 1º ano (55/56), 61 e 85 kg de N/ha no 2º ano (57/58) e 33 e 60 kg de N/ha no 3º ano (58/59), quando então se estudou o efeito residual da adubação verde aplicada nos dois anos agrícolas anteriores.

Trabalhos conduzidos por VALLANCE (1959) em Brisbane (Austrália), estudando na cana-de-açúcar o efeito da incorporação imediatamente anterior ao plantio de uma mistura de dois adubos verdes (*Vigna unguiculata* (L.) Walp e *Stizolo*

bium deeringianum Steph. Bort.) na presença e ausência da adubação nitrogenada, mostraram que a adubação verde isolada incrementou significativamente o rendimento de cana de açúcar em aproximadamente 24% e 22%, respectivamente. Adubo verde mais adubação mineral nitrogenada no plantio da cana não aumentáram significativamente os rendimentos obtidos apenas para adubação verde isolada.

Experimentos realizados em solos canavieiros de Louisiana (E.U.A.) por HEBERT e DAVIDSON (1960), através dos quais estudaram vários métodos de manejo de restos culturais de cana e adubação verde com leguminosas e os seus efeitos no rendimento de cana e de açúcar (variedades CP 29-116 e CP 218-219), mostraram que os melhores rendimentos foram obtidos quando restos culturais de cana (*Saccharum spp.*) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) usada como adubo verde foram incorporadas ao solo cerca de um mês antes do plantio. Quando se queimavam ou se removiam completamente os restos culturais de cana os rendimentos foram sempre significativamente menores do que quando eles eram incorporados, fosse na presença ou na ausência da adubação verde.

WUTKE *et alii* (1960) dando continuidade ao trabalho iniciado por GARGANTINI *et alii* (1958), estudaram no período 1956/58, num Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, o efeito da adubação verde, calagem e adubação mineral nos rende

dimentos de cana e de açúcar da variedade CB 40/69. A semelhança dos resultados do primeiro trabalho, o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. (semeada em novembro e incoorporada cerca de um mês antes do plantio de cana) foi muito pequeno, obtendo-se em relação à testemunha aumentos de 1,4 t/ha para o rendimento de cana e 0,44 t/ha para o de açuçar, ambos não significativos. Também aqui ocorreu uma baixa produção de massa do adubo verde, motivo pelo qual os resultados obtidos não foram satisfatórios.

Estudos conduzidos por BIGI (1962) envolvendo diversas práticas no sentido de corrigir solos alcalinos da Somália (África) visando o aumento da produtividade da cana-de-açúcar, mostraram que a utilização de *Phaseolus mungo* L. e *Crotalaria juncea* L. como adubos verdes tiveram um efeito bastante satisfatório, obtendo-se um aumento médio da produtividade de cana (variedade Co. 331) em torno de 20% quando comparado à testemunha, apenas com adubação mineral.

SINGH (1963) com bases em diversos experimentos realizados com adubação verde em cana-de-açúcar no norte da Índia, apresenta uma avaliação crítica desses trabalhos e chega a algumas conclusões bem interessantes. Analisando os experimentos conduzidos na Estação Experimental de Cana de Shahjampur entre 1936 e 1939 e de Jullundur entre 1953-1957 que tiveram por objetivo estudar na cana-de-açúcar o efeito

da adubação verde com *Crotalaria juncea* L., incorporando toda a planta, somente a parte aérea (efeito da massa verde) ou somente raízes (efeito da leguminosa), verificou que tanto o efeito da leguminosa como o da massa verde corresponderam a aproximadamente metade de todas as vantagens obtidas pela incorporação de toda a planta. Enquanto se obteve, neste caso, aumentos de 40% no rendimento de cana, para a incorporação apenas da parte aérea ou raízes obteve-se de 21% e 20%, respectivamente.

Outros experimentos analisados pelo mesmo autor foram aqueles conduzidos na Estação Experimental de Cana de Muzaffarnagar de 1936/37 a 1939/40, em que se estudou, também na cana-de-açúcar, o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L., incorporando toda a planta, somente os restos culturais resultantes da extração de fibras aos 75 dias de desenvolvimento vegetativo ou somente restos culturais resultantes do desfibramento e da retirada de sementes aos 150 dias de desenvolvimento vegetativo. Os resultados mostraram que para os dois primeiros casos não ocorreram diferenças significativas uma vez que os incrementos no rendimento de cana obtido foram de, respectivamente, 27 e 28% em relação à testemunha. Assim, a retirada de fibras não alterou o valor da adubação com *Crotalaria juncea* L. Somente ocorreu um decréscimo no incremento do rendimento quando, além da extração de fi

bras, se fez também a retirada de sementes. Aqui, o incremento no rendimento, relacionado à testemunha, foi da ordem de 19%.

Ainda SINGH (1963) apresenta um trabalho desenvolvido no Instituto Indiano de Pesquisa de Cana-de-Açúcar em Lucknow, no período 1960/61. Testou-se o valor da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. na cultura da cana-de-açúcar, incorporando-se toda a planta ou queimando a parte aérea da leguminosa "in loco" e incorporando-se apenas as cinzas e raízes no solo. Os aumentos obtidos no rendimento de cana para os dois tratamentos foram de, respectivamente, 50% e 40%, ambos significativos mas não diferentes entre si. Resultados semelhantes foram também obtidos por SINGH (1965) em trabalho similar e complementar a este utilizando-se da mesma leguminosa.

Os resultados obtidos nesta série de experimentos sugerem que o simples desenvolvimento de uma leguminosa em rotação com cana-de-açúcar, seja para produção de fibra ou outro fim, pode proporcionar aumentos no rendimento tão bons quanto àqueles obtidos pela adubação verde.

BEAUCHAMP (1966) recomenda a utilização da prática da adubação verde nas regiões canavieiras da parte oriental de Cuba, sempre que se renovam canaviais, como forma de aumentar os rendimentos da cultura que, em média, chegam a

ser de 20%.

MISHRA (1966) estudou, no período de 1935/1965, a resposta da cana-de-açúcar à adubação verde com *Crotalaria juncea* L. na presença e ausência da adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em um solo limo-arenoso da Estação Experimental de Cana de Shahjahampur (Índia). A resposta à adubação verde foi maior, com um incremento de 43% no rendimento de cana, quando o nitrogênio foi omitido. Quando se aplicou 112 e 224 kg de sulfato de amônio por ha, a resposta à adubação verde foi menor com incrementos de apenas 14 e 11%, respectivamente.

Com o objetivo de estudar algumas formas de manejo na cultura de cana-de-açúcar visando o aumento de sua produtividade, TANG e HO (1968) conduziram alguns ensaios em solos limo-arenosos da Estação Experimental de Cana de Taiwan (China). Dentre as práticas, estudaram o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. desenvolvidas como cultura intercalar da cana, variedade Co. 310. A análise conjunta de nove cortes sucessivos da cana acusou um decréscimo de 7% no rendimento de cana e 10% no rendimento de açúcar (ambos significativos a 1%) quando se adotou esta prática. Este efeito depressivo foi atribuído à competição proporcionada pelo adubo verde.

WUTKE e ALVAREZ (1968) concluindo os trabalhos

conduzidos por GARGANTINI *et alii* (1958) e WUTKE *et alii* (1960), que tiveram por objetivo estudar a longo prazo o efeito de diversas práticas no aumento da produtividade de cana-de-açúcar de um Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, depauperado por cultivos sucessivos, apresentam os resultados obtidos para o período 1958/61. Neste período, o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. (incorporada cerca de um mês antes do plantio) na produtividade de cana e de açúcar (variedade CB 41/76) foi inócua na presença da calagem e depressiva quando o corretivo foi omitido. Este efeito depressivo foi atribuído à lenta decomposição do adubo verde que não liberou para a cultura, em tempo hábil, a quantidade de cálcio e magnésio por ela retirados, agravando estas deficiências no solo e na cultura.

Segundo BRIEGER (1969), na região centro-sul do Brasil, a adubação verde por ocasião da reforma do canavial é uma prática viável e indicada pois, o uso de leguminosas como *Crotalaria juncea* L. e *Dolichos lablab* L. de rápido desenvolvimento vegetativo, não implica na perda de um ano agrícola e pode elevar a produtividade de cana-de-açúcar na faixa de 15 a 20%.

YOON e KOK (1969) estudaram, em um solo limo-arenoso da Estação Experimental de Serdang (Malásia), o efeito de restos culturais de soja (*Glycine max* (L.) Merril), amen-

doim (*Arachis hypogaea* L.) e *Pachyrrhizus erosus* (L.) Kurz in corporados cerca de setenta dias antes do plantio na brota_ção, desenvolvimento vegetativo e produção de cana-de-açúcar. Não houve influência da incorporação na brota_ção e no desen_volvimento vegetativo. No tocante ao número de colmos, produ_ção de cana e de açúcar por área, apenas a incorporação de restos culturais de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) foram sig_nificativamente maiores que a testemunha, com incrementos de, respectivamente, 27%, 38% e 28%.

BHADURIA e MATHUR (1970), na Estação Experimen_tal de Cana-de-Açúcar de Gorakhpur (Índia), conduziram uma s_érie de ensaios de 1953/54 a 1955/56 com o objetivo de estu_dar o efeito da aduba_ção verde com *Crotalaria juncea* L. e *Ses_bania aculeata* Pers., da aduba_ção fosfatada e da combina_ção de ambos na cultura de cana. Não houve efeito dos diversos tratamentos na brota_ção e no desenvolvimento vegetativo da cana. Aumentos significativos no perfilhamento, número de colmos industrializáveis, rendimento de cana e de açúcar fo_ram obtidos tanto para a aduba_ção verde isolada como em combi_nação com fósforo. Embora esta combina_ção tenha provocado maiores rendimentos, estes não se diferenciaram estatística_mente daqueles obtidos para aduba_ção verde isolada. O aumen_to médio verificado nos rendimentos de cana para os dois ca_sos, giraram em torno de 45%.

Uma série de ensaios conduzidos na Índia por MISRA *et alii* (1970) que tiveram por objetivo estudar, em três anos agrícolas, o efeito do cultivo intercalar de alguns adubos verdes na cultura da cana-de-açúcar, mostraram que a semeadura dos adubos verdes ao mesmo tempo do plantio da cana e a sua incorporação aos 110 dias de desenvolvimento vegetativo afetaram o número de perfilhos e a produção de cana, provocando decréscimos significativos. Já quando a incorporação foi realizada mais cedo (aos 70 dias de desenvolvimento vegetativo) o número de perfilhos e os rendimentos foram significativamente maiores do que aqueles alcançados pela cultura solteira de cana. Os melhores resultados foram obtidos quando a leguminosa utilizada foi *Cyamopsis tetragonoloba* (Linn.) Taub.

SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN (1970) estudando em Taiwan (China) o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L., imediatamente antes do plantio, na produtividade de cana (variedade N:Co. 310), verificaram que os resultados foram variáveis em função do tipo de solo. Enquanto que nos solos argilosos não houve efeito significativo do adubo verde, nos solos leves e aluvianos de Ardósia houve resposta à adubação verde só que em proporção inversa à dose de co-aplicação de nitrogênio. Assim, na ausência do nitrogênio, as parcelas com adubo verde aumentaram em 57% a produtividade de cana; já na presença de 75 e 150 kg/ha de nitrogênio estes aumentos passaram a ser de 22% e 2%, respectivamente, sen

do este último não significativo.

Trabalhos realizados por JOTHIMOORTHY *et alii* (1971) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Gudiyatan (Índia), estudando a influência do cultivo intercalar de dois adubos verdes na cana-de-açúcar, variedade Co. 449, mostraram que *Crotalaria juncea* L. e *Sesbania aculeata* Pers. semeadas aos 45 dias após o plantio entre linhas de cana espaçadas de 1,80 m e incorporadas em torno de 70 dias de desenvolvimento vegetativo, provocaram um efeito adverso e significativo no perfilhamento, no número de colmos industrializáveis e rendimento de cana. Resultados semelhantes foram também obtidos por KUMAPERUMAL *et alii* (1975) utilizando a *Crotalaria juncea* L., *Sesbania* spp. e *Phaseolus* spp. como adubos verdes em cultura intercalar de cana, variedade Co. 419.

Já BHADURIA e MATHUR (1973) estudando na cana-de-açúcar o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. desenvolvida como cultura intercalar (crotalaria semeada ao mesmo tempo do plantio de cana entre linhas espaçadas de 1,80 m e incorporadas com 1,0 m de altura) não encontraram efeito depressivo desta prática na cana-de-açúcar, mas, por outro lado, também não encontraram incrementos significativos no número de colmos por área, no rendimento da cultura e no rendimento de açúcar, embora nestes dois últimos parâmetros tenham ocorrido aumentos de 5,4% e 6,4%, respectivamente.

KAR *et alii* (1973) estudaram, em um solo limo-arenoso da Estação Experimental de Cana de Shahjahampur (Índia), o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. na cultura da cana-de-açúcar. A *cró*talaria foi semeada em junho e incorporada em setembro do mesmo ano, enquanto que a cana (variedade Co. 1158) foi plantada em fevereiro do ano seguinte. Os resultados mostraram que o efeito da adubação verde foi muito bom. Na porcentagem de brotação, obtiveram aumentos de 5,2% e 8,5% para o primeiro e segundo ano do experimento, enquanto no terceiro ano nenhuma influência foi verificada. No perfilhamento (número de colmos por área) ocorreram aumentos de, respectivamente, 6%, 25% e 10%, sendo os dois últimos significativos. Já para o rendimento de cana, os aumentos obtidos nos três anos (respectivamente, 30%, 27% e 15%) foram todos significativos. Não houve influência da adubação verde na % de açúcar do caldo e % de pureza. Resultados semelhantes foram obtidos por Wilcook e Kelly, citados por SEETHARAMAN *et alii* (1974), estudando no Hawaii o efeito da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. na cultura da cana-de-açúcar.

Experimentos conduzidos por WEI (1979) em três solos distintos (argiloso, limoso e arenoso) da Estação Experimental de Cana de Taiwan (China), estudando na cana-de-açúcar o efeito do composto e da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. e *Sesbania aegyptica* Pers. incorporados imediatamente

te antes do plantio, mostraram que nenhum incremento nos rendimentos de cana-de-açúcar foram observados nos solos argilosos e limosos. Apenas em solos arenosos um aumento significativo foi observado, indicando que neste tipo de solo os efeitos da adubação verde são bem marcantes. Segundo o autor, a causa provável da adubação verde às vezes não conferir incrementos significativos nos rendimentos de cana, deve-se ao fato de que uma apreciável quantidade de resíduos de cana são incorporados ao solo após cada corte, o que contribui para manter o teor de matéria orgânica e outras características do solo num certo nível de equilíbrio, favorecendo o cultivo seguinte e, assim, sucessivamente.

Ensaio realizado por GLÓRIA *et alii* (1980) cujo objetivo principal foi o de fornecer elementos que permitissem uma adequada avaliação da adubação verde e a possibilidade de sua utilização na lavoura canavieira, mostraram que o nitrogênio e potássio contidos nos adubos verdes, notadamente na *Crotalaria juncea* L. e *Glycine max* (L.) Merrill, são em quantidades adequadas para nutrir a cana-de-açúcar durante o seu primeiro ciclo (cana-planta), justificando a redução ou até mesmo a eliminação da adubação mineral da cana quando plantada em terreno recém-incorporado com adubos verdes corretamente produzidos. A fertilização com fósforo, caso necessária, poderia ser realizada antecedendo o plantio do adubo verde.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localidade e solo

O experimento foi instalado no ano agrícola 1980/81 em área do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - S.P., cujas coordenadas são 22° 42' de latitude Sul e 47° 38' de longitude W.Gr. e altitude de 550 m.

Ao nível de Grande Grupo trata-se de um solo Terra Roxa Estruturada (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

A sua granulometria, obtida através do método descrito por DAY (1965), conhecido como método da pipeta, é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Granulometria e classe textural do solo da área experimental a/.

Prof. (cm)	Granulometria			Classe Textural
	Argila (%)	Limo (%)	Areia (%)	
0-20	44,34	23,73	31,93	Argila

a/ Análise realizada no Laboratório do Departamento de Ciências do solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras - M. G.

Os resultados de análise química, realizada de acordo com a metodologia proposta por VETTORI (1969), são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental a/

Prof. (cm)	pH	Carbono (%)	Al ⁺⁺ (mE/100 cm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mE/100 cm ³)	K ⁺ (ppm)	P (ppm)
0-20	5,95	1,13	0,1	7,04	112,20	17,66

a/ Análise realizada no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, M.G.

Este solo há muitos anos vinha sendo explorado de maneira ininterrupta com a cultura da cana-de-açúcar e adu**u**bado apenas com fertilizantes minerais.

Em termos de clima, as precipitações e tempera**u**ras médias mensais ocorridas no transcorrer do experimento, obtidas na Estação Meteoro-Agrária do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ, são as constantes da figura 1.

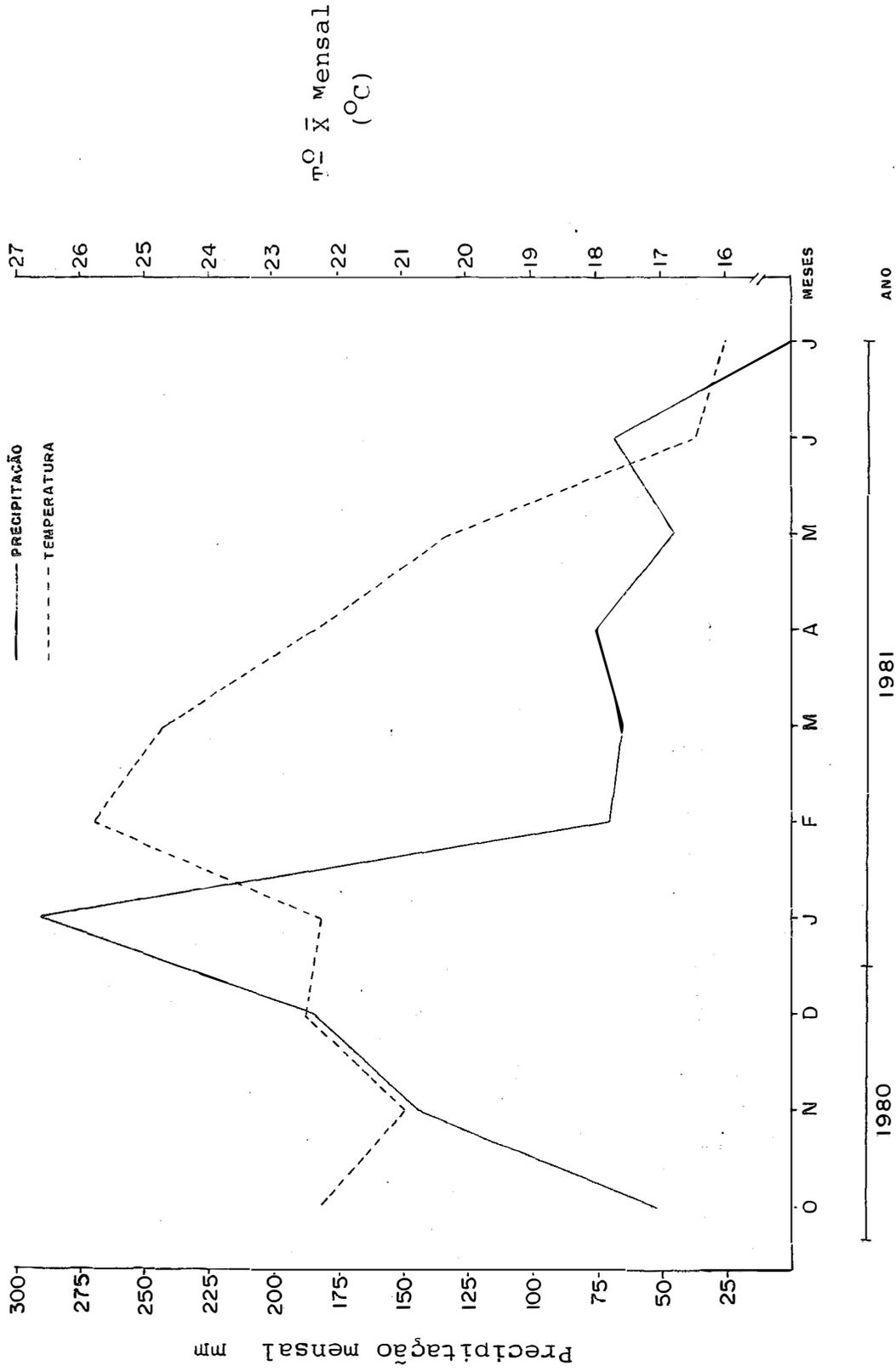


Fig. 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) ocorridas durante o transcorrer do experimento.

3.2. Preparo do solo para a instalação do experimento

Anteriormente à instalação do experimento, o solo estava ocupado com a cana-de-açúcar, variedade NA 56-79, cuja colheita realizada na primeira semana de setembro de 1980 correspondeu ao sexto corte consecutivo.

Após o corte da cana foi feito o enleiramento e queima do palhiço; a seguir procedeu-se a passagem de uma enxada rotativa no terreno com a finalidade de destruir as soqueiras e, finalmente, foram realizadas uma aração e duas gradagens, deixando o terreno bem preparado e pronto para a instalação do experimento.

3.3. *Crotalaria juncea* L.

3.3.1. Cultivar

Foi utilizada a *Crotalaria juncea* L. cv. comum que de longa data vem sendo cultivada como adubo verde e produtora de fibras no estado de São Paulo. É um arbusto de flores amarelas, porte ereto, atingindo em média, 3,0 m de altura. O sistema radicular é pivotante, constituído da raiz principal e um grande número de raízes secundárias que se concentram nos primeiros 0,20 m do solo. Algumas raízes podem atingir mais de 4,0 m de profundidade. Apresenta bom desenvolvimento, boa produção de massa verde, fibras e sementes, encon

trando-se perfeitamente aclimatada às condições do estado de São Paulo (SALGADO *et alii*, 1972).

3.3.2. Sementes

As sementes foram obtidas de um dos campos de produção de sementes de crotalaria da Companhia Industrial de Papel Pirahy em Piracicaba - SP.

3.3.3. Semeadura e tratos culturais

A semeadura foi realizada em 09/10/1980. Optou-se pela semeadura manual em sulcos rasos (\pm 3 cm) abertos por meio de sachos, espaçados de 0,40 m entre si, colocando-se em média 35 sementes por metro linear, o que correspondeu a um gasto de 40 kg de sementes para 1 ha. Não foi realizada nenhuma adubação.

Com relação aos tratos culturais, apenas uma capina manual com enxada realizada em 31/10/1980 foi suficiente para manter o terreno limpo, pois, devido ao seu rápido desenvolvimento vegetativo em pouco tempo a cultura "fechou" abafando as plantas daninhas.

3.3.4. Época de corte, tipos e forma de incorporação

O corte da leguminosa, realizado manualmente

com facção, foi feito por ocasião do início do florescimento em 10/02/1981, aproximadamente 120 dias após sementeira. A incorporação foi realizada em 16/02/1981 na própria área onde se desenvolveram.

Foram realizados dois tipos de incorporação: um referente à adubação verde convencional, onde, após o corte, toda a massa verde correspondente à parte aérea foi picada manualmente por meio de facção e distribuída uniformemente sobre o solo e, em seguida, incorporadas. Outro, onde após o corte, procedeu-se à extração de fibras da crotalaria por meio de um desfibradora estacionária e somente os restos culturais resultantes do desfibramento foram distribuídos de maneira uniforme sobre o solo e, também, incorporados.

Para a incorporação uma série de operações tiveram que ser realizadas. Fez-se inicialmente a passagem de uma roçadora seguida de uma enxada rotativa com a finalidade de picar ainda mais a massa vegetal sobre o solo e incorporá-la ligeiramente, o que facilitou a incorporação mais profunda por meio da aração realizada logo em seguida. Após esta operação foram realizadas ainda, pela ordem, uma gradagem, uma aração e outra gradagem, deixando assim o terreno preparado para o plantio seguinte de cana-de-açúcar.

3.4. Quantidade de massa vegetal incorporada ao solo

As quantidades de massa vegetal adicionadas ao solo pela *Crotalaria juncea* L. (seja pela incorporação de toda a planta ou somente dos restos culturais resultantes do desfibramento) e pela vegetação espontânea do local (parcelas em que não havia a leguminosa) foram determinadas.

Para a crotalaria, a determinação da massa verde foi determinada diretamente no campo por meio de uma balança fixada em tripé. Nas parcelas em que se incorporaram plantas inteiras, imediatamente após o corte, toda a massa vegetal foi pesada. Da mesma forma, nas parcelas em que se incorporaram os restos culturais, após o corte e passagem das plantas em um desfibrador estacionário, os resíduos da desfibragem foram recolhidos e imediatamente pesados. A matéria seca foi determinada após a desidratação de uma amostra composta de dez plantas escolhidas ao acaso (parcelas em que se incorporaram plantas inteiras) e 3,0 kg de restos culturais (parcelas em que estes foram incorporados), primeiramente colocados à sombra e depois em estufa até peso constante.

Para a vegetação espontânea (nas parcelas sem crotalaria) a determinação da quantidade de massa seca incorporada foi realizada por meio de amostragem (5% da área da parcela), utilizando-se de um quadrado definido (1,0 m x 1,0 m), que era arremessado ao acaso na parcela, e, as espécies de ma

to delimitadas por ele eram arrancadas e secas em estufa até peso constante. A massa verde não foi possível de ser obtida uma vez que uma capina química realizada próximo à incorporação (26/01/81), fez com que toda a massa vegetal ficasse praticamente seca. Esta vegetação era constituída predominantemente por monocotiledôneas, tais como, capim massambarã (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e grama se da (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.).

As quantidades de massa vegetal incorporadas, equivalentes a um ha , são mostradas na tabela 4.

Tabela 4. Massa verde e matéria seca de *Crotalaria juncea* L.e matéria seca de vegetação espontânea incorporadas nas parcelas da área experimental.

Repetição	Crot. (parte aérea)		Crot. (resíduos)		Test. (veg. espontânea)
	M. verde (t/ha)	M. seca (t/ha)	M. verde (t/ha)	M. seca (t/ha)	M. seca (t/ha)
1	44,58	13,36	41,20	15,22	5,42
2	38,84	11,95	32,82	11,48	5,09
3	41,82	12,74	30,62	10,78	3,91
4	46,35	13,84	34,52	12,22	3,44
5	38,20	11,76	35,29	11,27	4,54
6	45,71	13,89	26,65	8,25	5,10
7	41,39	12,81	29,35	9,71	2,44
8	48,34	14,42	30,40	10,03	1,56
\bar{X}	43,15	13,10	32,61	11,12	3,94

3.5. Cana-de-açúcar

3.5.1. Variedade

A variedade utilizada foi a NA 56-79. De acordo com BRASIL (1977), é uma variedade que apresenta boa produtividade no 1º corte, com boa capacidade de brotação nas soqueiras, mesmo em condições adversas. A sua precocidade é inigualada por qualquer outra variedade plantada nas condições do estado de São Paulo. Apresenta porcentagem de fibra média; há necessidade de cuidados especiais com relação ao carvão, à Escaldadura e ao Mosaico e é altamente susceptível ao ataque da broca, sendo que, os danos causados são elevados.

3.5.2. Mudas

As mudas, com 12 meses de idade, foram obtidas de um viveiro da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Piracicaba-SP, pertencente ao Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

3.5.3. Plantio

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em 24/02/1981, oito dias após a incorporação da massa vegetal ao solo. Adotou-se o espaçamento de 1,40 m entre as linhas de cana, sendo a abertura dos sulcos realizada por meio de um

sulcador especial para cana-de-açúcar, a uma profundidade de 0,20 m. A adubação de plantio empregada foi de 20 kg de N, 80 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O por ha, aplicada na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As mudas, despontadas e despalhadas manualmente, foram distribuídas inteiras no sulco de maneira contínua e em fileiras duplas. O corte foi feito manualmente através de podões, no próprio sulco, deixando-se, em média, duas a três gemas por tolete. O número de gemas por metro linear situou-se em torno de 12.

3.5.4. Tratos culturais

Devido a uma estiagem prolongada que sucedeu ao plantio, fez-se, quinze dias após, uma irrigação controlada nos sulcos de plantio, empregando-se 750 l de água por parcela da área experimental.

Nas primeiras semanas de abril, maio e junho foram realizadas capinas manuais com o objetivo de manter o terreno livre de plantas daninhas, evitando sua competição com a cultura.

3.6. Delineamento experimental

Para a instalação do experimento utilizou-se o

delineamento experimental em blocos casualizados, com oito repetições, comparando-se os seguintes tratamentos:

A - Adubação verde com *Crotalaria juncea* L. (Incorporação de toda a planta ao solo).

B - Incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L.

C - Testemunha (Incorporação da vegetação espontânea nas parcelas em pousio).

As parcelas experimentais foram constituídas de uma área total de 147,0 m² (6 fileiras de cana-de-açúcar espaçadas de 1,40 m com 17,5 m de comprimento), com uma área útil de 98,0 m² (4 fileiras centrais espaçadas de 1,40 m com 17,5 m de comprimento). A área total do experimento foi de 4.144 m².

3.7. Parâmetros analisados

3.7.1. Solo

Com a finalidade de verificar alguns efeitos da adubação verde no solo, algumas de suas características foram determinadas, antes e após incorporação da massa vegetal.

3.7.1.1. Características físicas

Foram determinados a densidade aparente do solo e a densidade da partícula segundo a metodologia descrita por BLAKE (1965) e a porosidade total, obtida pela fórmula:

$$VTPc = \left(1 - \frac{Ds}{Dp}\right) \times 100$$

onde:

VTPc = Volume total de poros calculados

Ds = Densidade do solo

Dp = Densidade da partícula

Para estas determinações, realizadas no Laboratório de Física de Solo do Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras-M.G., as amostras foram retiradas em quatro pontos aleatórios da área útil de cada parcela (na profundidade 0-30 cm) antes da instalação do experimento e aos 30, 75 e 120 dias após a incorporação da massa vegetal ao solo, retirando-se estas amostras nas entrelinhas da cana.

3.7.1.2. Características químicas

Foram determinados os valores de pH, teor de alumínio trocável (mE/100 cm³ de solo), cálcio + magnésio trocáveis (me/100 cm³ de solo), potássio trocável (ppm), fósforo

assimilável (ppm) e carbono orgânico (%), segundo a metodologia descrita por VETTORI (1969) e, o teor de matéria orgânica (%), foi obtido multiplicando-se o teor de carbono (%) por 1,72.

Para estas determinações, das amostras simples, retiradas em seis pontos aleatórios da área útil de cada parcela (profundidade de 0-20 cm), faziam-se amostras compostas para cada parcela) que eram então enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Departamento de Ciências de Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras-M.G. para análise. Estas amostragens foram realizadas antes da instalação do experimento (com o terreno preparado e estaqueado) e aos 30, 60, 90 e 120 dias após a incorporação da massa vegetal ao solo, retirando-se estas amostras nas entre-linhas de cana.

3.7.1.3. Atividade microbiana

Foi avaliada a atividade da microflora heterotrófica do solo (moles de glicose - ^{14}C consumida/hora/g de solo) através do processo de respirometria com glicose marcada, segundo a metodologia apresentada por FREITAS *et alii* (1979).

Para esta determinação foram retiradas dez sub amostras na área útil de cada parcela que, juntas e homogenizadas compunham amostras compostas que eram, depois de peneira

das e colocadas em vidros limpos e hermeticamente fechados, envias ao Laboratório de Microbiologia de Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). As amostras eram retiradas nos primeiros cm do solo (mais ou menos 3 cm) após raspagem da parte superficial que não era coletada.

As amostragens foram realizadas antes da instalação do experimento, aos 30, 60 e 120 dias após semeadura da crotalaria e aos 30, 60, 90 e 120 dias após sua incorporação ao solo, estas últimas retiradas nas entre-linhas de cana.

3.7.2. Cana-de-açúcar

3.7.2.1. Velocidade de emergência

Para a determinação da velocidade de emergência, de três em três dias a partir da observação da primeira emergência em toda a área experimental, foram feitas contagens dos colmos primários emergidos. Essas observações foram realizadas até o quadragésimo dia após o plantio, tempo esse considerado suficiente para a emergência total das gemas. Os dados obtidos foram transformados da seguinte forma, segundo MAGUIRE (1962):

$$V.E. = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

onde:

V.E. = Velocidade de emergência

N_1, N_2, \dots, N_n = número de colmos primários

.61.

rios emersos na primeira, segunda e última con
tagem, respectivamente.

$D_1, D_2 \dots, D_n$ = número de dias decorrido
dos do plantio à primeira, segunda e última
contagem, respectivamente.

3.7.2.2. Porcentagem de brotação

Para o cálculo da porcentagem de brotação foi
utilizada a seguinte fórmula:

$$x = \frac{N}{N'} \times 100$$

donde:

x = porcentagem de brotação

N = número total de colmos primários emersos
aos 40 dias após o plantio por parcela.

N' = número total de gemas colocadas no plantio
por parcela (\bar{X} de 12 gemas por metro linear)

3.7.2.3. Número de colmos

O número de colmos por área útil de parcela foi
determinado aos 70, 100, 130 e 160 dias após o plantio da ca
na-de-açúcar.

3.7.2.4. Altura do colmo primário

A altura, considerada a distância que vai do nível do solo até a última folha do colmo com a região auricular visível (no ponto de junção da bainha/lâmina foliar), foi determinada em dez colmos primários representativos de cada parcela e escolhidos ao acaso. Uma vez identificados, todas as medições de altura, realizadas aos 70, 100, 130 e 160 dias após o plantio da cana-de-açúcar, foram feitas sempre nestes mesmos colmos, permitindo assim um acompanhamento no seu desenvolvimento vegetativo.

3.7.2.5. Número de folhas/colmo primário

A contagem do número de folhas/colmo primário foi realizada aos 70, 100, 130 e 160 dias após o plantio naqueles mesmos colmos escolhidos e identificados para a determinação da altura.

3.8. Análises estatísticas

As análises estatísticas da velocidade de emergência e porcentagem de brotação da cana-de-açúcar foram realizadas segundo o esquema de blocos casualizados (PIMENTEL GOMES, 1970). O esquema da análise de variância, para estes dois parâmetros, é mostrado na tabela 5.

Tabela 5. Esquema da análise de variância referente à velocidade de emergência e porcentagem de brotação da cana-de-açúcar.

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos	7
Tratamentos	2
Resíduos	14
Total	23

Para os demais parâmetros foi feita a análise segundo o delineamento em blocos e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com os tratamentos nas parcelas e as épocas de amostragens nas sub-parcelas, segundo o esquema apresentado por STEEL e TORRIE (1960). Aqui foram utilizados os esquemas da análise de variância mostrados nas tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6. Esquema da análise de variância referente às características físicas do solo, altura do colmo primário, número de folhas/colmo primário e número de colmos/área útil de parcela de cana-de-açúcar.

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos (R)	7
Tratamentos (A)	2
Resíduos (a)	14
Parcela	23
Épocas (B)	3
A X B	6
Resíduo (b)	63
Sub-parcela	95

Tabela 7. Esquema da análise de variância referente às características químicas do solo.

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos (R)	7
Tratamentos (A)	2
Resíduo (a)	14
Parcela	23
Épocas (B)	4
A x B	8
Resíduo (b)	84
Sub-parcela	119

Tabela 8. Esquema da análise de variância referente à atividade microbiana do solo.

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos (R)	7
Tratamentos (A)	2
Resíduo (a)	14
Parcela	23
Épocas (B)	6
A x B	12
Resíduo (b)	126
Sub-parcela	167

Os dados de contagem (número de folhas / colmo primário e número de colmos por área útil de parcela) foram transformados em \sqrt{x} , enquanto que os dados de porcentagem foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{\frac{\%}{100}}$ (SNEDECOR, 1956).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solo

4.1.1. Características físicas

Os quadrados médios e os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para a densidade aparente e a porosidade total do solo estão expostos na Tabela 9. Observa-se que ocorreram para a densidade aparente, efeitos significativos a 1% de probabilidade tanto para tratamentos como para épocas, enquanto que, para a porosidade total, apenas o efeito de época foi significativo. A interação tratamento X época não foi significativa para os dois parâmetros. Os coeficientes de variação foram baixos, indicando boa precisão nestas duas avaliações.

Na Tabela 10 são mostrados os valores médios da densidade aparente (g/cm^3 solo) e da porosidade total ($\text{arc sen } \sqrt{\frac{\text{v}}{\text{m}}}$) nos diversos tratamentos em função das épocas

Tabela 9. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV_a e CV_b) obtidos na análise de variância para densidade aparente (g/cm^3 de solo) e porosidade total ($\text{arc sen } \sqrt{\frac{\%}{\%}}$) do solo.

C. Variação	GL	Quadrados médios	
		Densidade aparente	Porosidade total
Blocos	7	0,1471531	0,4927263
Tratam. (A)	2	0,2681714**	0,5550964
Resíduo (a)	14	0,0040580	1,8870410
Épocas (B)	3	0,6479969**	0,3002427**
A x B	6	0,2944986	0,9750976
Resíduo (b)	63	0,0034040	1,7985370
C.V. _a (%)		5,2713	2,7801
C.V. _b (%)		4,8278	2,7141

Tabela 10. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea* L., na densidade aparente (g/cm³ de solo) e porosidade total (arc sen $\sqrt{\%}$) do solo em cada época de amostragem, médias gerais de tratamento e época, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Trat.	Épocas		Dias após incorporação				d.m.s. (linhas)	\bar{X} geral de tratamento
	Antes da Incorporação	E ₁	E ₂ = 30	E ₃ = 75	E ₄ = 120			
Ad. verde		1,4368 a	Densidade do solo ^{a/}					1,2021 ab
Resíduos desf.		1,4491 a	1,0711 a	1,1529 ab	1,1474 a		0,0771	1,1833 a
Testemunha		1,4682 a	1,0488 a	1,1104 a	1,1249 a			1,2401 b
d.m.s. (colunas)			1,1438 b	1,1827 b	1,1658 a			0,0416
			0,0716					
\bar{X} geral de época	1,4514		1,0879	1,1487	1,1460		0,0445	-
			Porosidade total ^{a/}					
Ad. verde	44,2775 a		51,7947 a	51,1879 a	51,0950 a		1,7721	49,5888 a
Resíduos desf.	43,9990 a		52,0097 a	51,8809 a	50,9423 a			49,7080 a
Testemunha	44,1065 a		50,7793 a	50,6733 a	50,1792 a			48,9346 a
d.m.s. (colunas)			1,6175					0,8984
\bar{X} geral de época	44,1277		51,5279	51,2474	50,7388		1,0231	

^{a/}No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teste Tukey.

de amostragens do solo e as médias gerais para épocas e tratamentos com suas respectivas diferenças mínimas significativas.

4.1.1.1. Densidade aparente do solo

Para a densidade aparente do solo, verifica-se pela Tabela 10 que na primeira época de amostragem (05/10/80), antes da semeadura da crotalaria, não haviam diferenças significativas, sugerindo uniformidade de área antes dos tratamentos. Na segunda época (18/03/81), trinta dias após incorporação da massa vegetal ao solo, tanto para a adubação verde, como para a incorporação de resíduos do desfibramento, a densidade aparente foi significativamente menor que a da testemunha, enquanto que, para a terceira época (04/05/81), 75 dias após incorporação, somente para a adição de resíduos a densidade continuava significativamente menor. Já na quarta época (18/06/81), 120 dias após incorporação, não se observavam mais diferenças significativas entre os tratamentos. Esta tendência de comportamento foi também obtida por MONNIER e GRASS (1965) quando, estudando a influência da adubação verde em algumas características físicas do solo, verificaram que o seu efeito é passageiro, sendo significativo logo após incorporação da massa vegetal ao solo, mas, não sendo significativo quando grande parte desta massa adicionada já se decompôs.

Analisando ainda os dados da Tabela 10 e também a Figura 2, verifica-se que para a densidade aparente do solo, todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência com o passar do tempo, ou seja, da época 1 para 2 houve diminuição da densidade em todos eles, da época 2 para 3 um aumento e da 3 para a 4 uma tendência a estabilizar.

Para média dos tratamentos (Tabela 10), verifica-se que, comparado à testemunha, a incorporação de resíduos diminuiu significativamente a densidade aparente do solo. A adubação verde, embora tenha diminuído a densidade, não diferiu estatisticamente da testemunha. Este resultado difere daqueles obtidos por JOFFE (1955) e GIDDENS *et alii* (1965) que encontraram uma diminuição significativa na densidade aparente do solo pela prática da adubação verde, ambos, porém, em solos de textura arenosa, mas está de acordo com os resultados obtidos por RESCK e PEREIRA (1979) em trabalhos conduzidos em solo de textura argilosa, semelhante ao tipo de solo usado no presente trabalho.

Para média das épocas, observa-se que ocorreram diferenças significativas da 1.^a para as demais e da 2.^a para as demais épocas de amostragem. A diferença verificada entre as duas primeiras épocas deve-se ao fato de que a primeira amostra foi realizada antes da semeadura da crotalaria e a segunda após incorporação da massa vegetal e um bom preparo

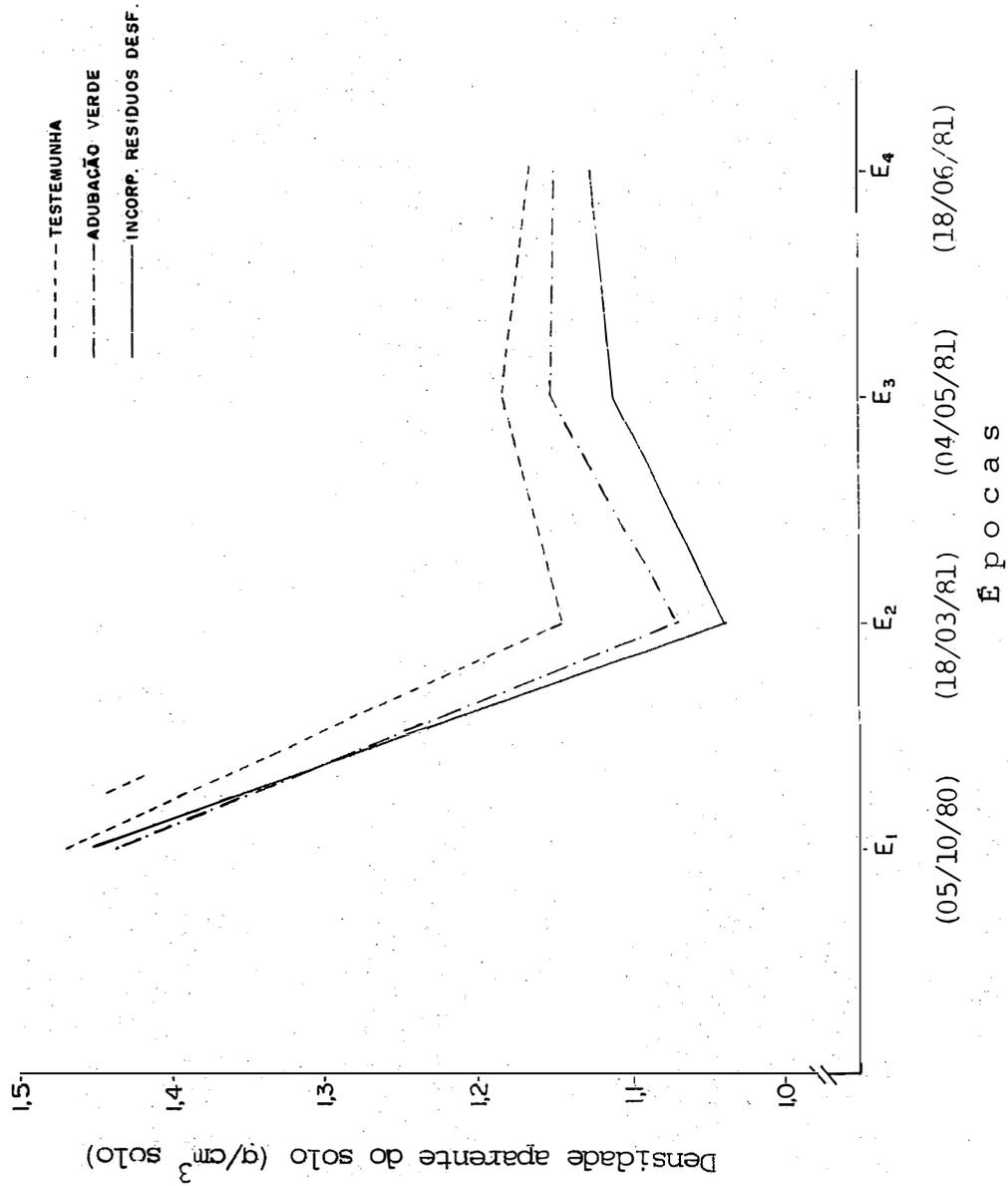


Fig. 2. Valores médios da densidade aparente do solo (g/cm³ de solo), nos tratamentos, em função das épocas de amostragens.

do solo para o plantio da cana-de-açúcar, o que alterou bastante as condições físicas do solo, diminuindo sua densidade aparente. Da segunda para a terceira, houve um ligeiro aumento na densidade, provavelmente devido à compactação natural do solo e daí para frente houve uma tendência à estabilização.

4.1.1.2. Porosidade total

Para a porosidade total verifica-se pela Tabela 10 que não houve efeito significativo dos tratamentos dentro de cada época e para média dos tratamentos. Estes resultados discordam daqueles obtidos por JOFFE (1955), GIDDENS *et alii* (1965), Thompson e Smith, Thompson e Robert e Ware e Johnson, citados por SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN (1970), mas, estes foram trabalhos conduzidos por vários anos, realizando-se sucessivas adubações verde anuais, sob condições de solo e clima diferentes das nossas. Todavia, os resultados obtidos são concordantes com RESCK e PEREIRA (1979) no Brasil que não encontraram efeitos significativos da adubação verde e da incorporação de restos culturais na porosidade total de um Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa.

De uma maneira geral, com relação à porosidade, os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento em função das épocas, conforme se pode observar melhor

na Figura 3.

Para média de épocas diferenças significativas só ocorreram entre a primeira e as demais (Tabela 10), uma vez que entre elas houve incorporação da massa vegetal e preparo do solo, e, já a partir da segunda época houve uma tendência à estabilização da porosidade total do solo.

4.1.2. Características químicas

Os quadrados médios e os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para os teores de carbono, matéria orgânica, cálcio + magnésio, potássio, fósforo e índice pH estão expostos na Tabela 11. Observa-se que somente para o índice pH do solo ocorreu efeito significativo a 1% de probabilidade para tratamentos, enquanto que, para épocas, com exceção dos teores de carbono e matéria orgânica, os efeitos foram significativos. A interação época X tratamento não foi significativa para nenhuma das características químicas do solo estudadas. Exceção feita para potássio e fósforo que apresentaram um coeficiente de variação mais alto, porém aceitáveis por se tratar de um ensaio de campo, para as demais características os coeficientes foram relativamente baixos, indicando boa precisão nestas avaliações.

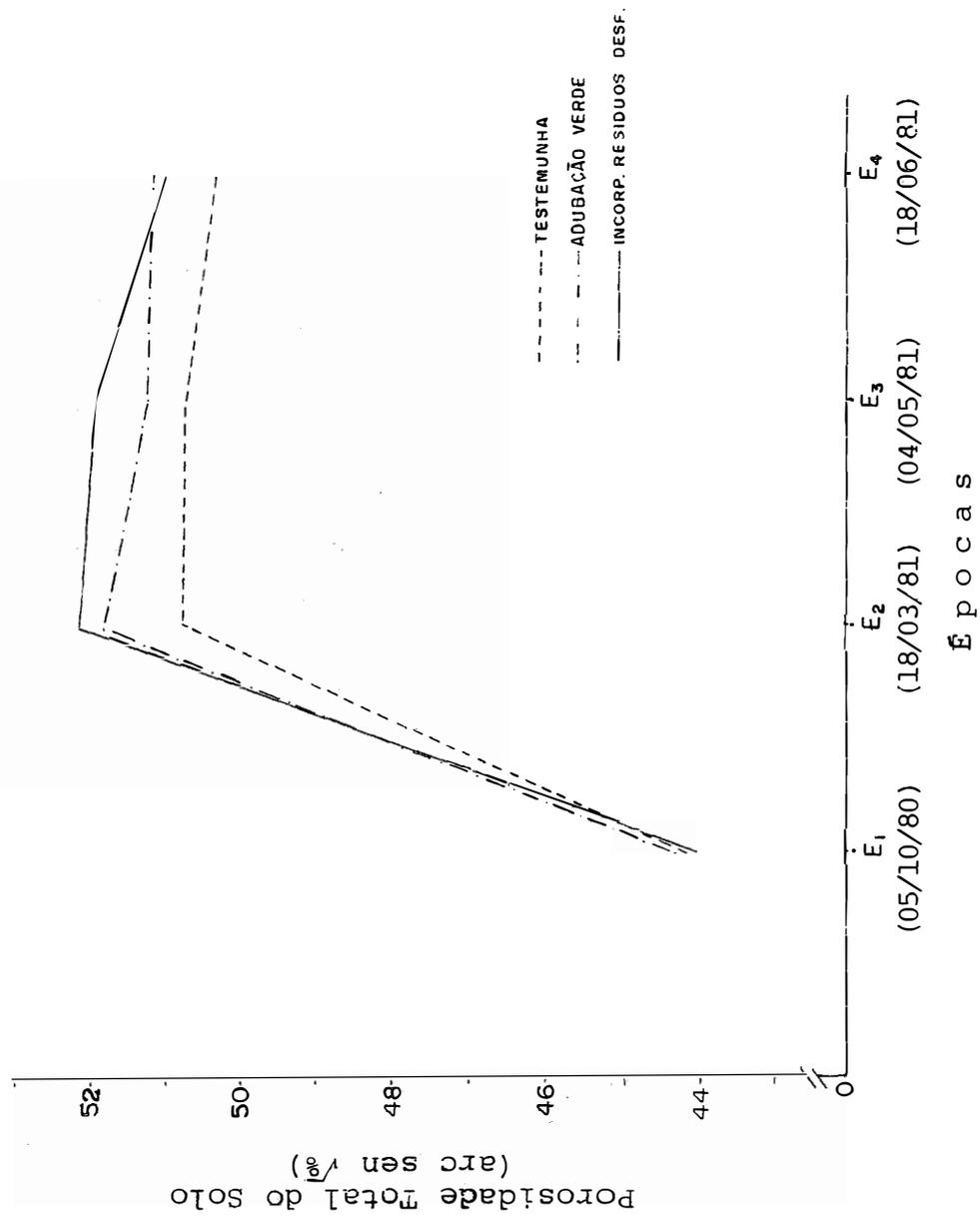


Fig. 3. Valores médios da porosidade total do solo (Arc Sen $\sqrt{\%}$), nos tratamentos, em função das épocas de amostragens.

Tabela 11. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV_a e CV_b) obtidos na análise de variância para os teores de carbono (%), cálcio + magnésio trocáveis (mE/100cm³ de solo), índice pH, potássio trocável (ppm) e fósforo assimilável (ppm) do solo.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios					
		C	M.O.	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	pH	K ⁺	P
Blocos	7	0,7043118	0,2083080	0,1412358	0,8862904	0,4374189	0,1474285
Tratamentos (A)	2	0,1015377	0,2970602	0,1360153	0,3823852**	0,2513699	0,5075832
Resíduo (a)	14	0,0717150	0,2122120	0,5320730	0,0345160	2192,4141340	35,9964250
Épocas (B)	4	0,8687743	0,2607797	0,1902416**	0,2514042**	0,6817949**	0,1435291**
A x B	8	0,1279895	0,3882688	0,1682968	0,4273843	0,1987626	0,3234167
Resíduo (b)	84	0,0335490	0,0994270	0,1094270	0,0101000	373,625035	25,0994050
CV _a		24,5086	24,4926	10,11460	3,2064	52,7437	44,5522
CV _b		16,7630	16,7650	4,58690	1,7345	21,7734	37,2024

4.1.2.1. Teores de carbono e matéria orgânica

Na Tabela 12 são mostrados os valores médios dos teores de carbono (%) e de matéria orgânica (%), nos diversos tratamentos, em função das épocas de amostragem do solo e as médias gerais para épocas e tratamentos com suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Verifica-se que não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos dentro de cada época (correspondentes a, respectivamente, amostras retiradas antes da semeadura da crotalaria, 30, 60, 90 e 120 dias após incorporação da massa vegetal ao solo), para média dos tratamentos e épocas, indicando não ter ocorrido efeitos da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento sobre estas características químicas do solo no período estudado.

Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por FREIRE e VIEGAS (1958), ARMY e HIDE (1959), VIEGAS *et alii* (1960a), BONFILS (1963), SINGH (1963), WUTKE e ALVAREZ (1968), BULISANI *et alii* (1972) e TANAKA *et alii* (1981) que também não encontraram efeitos significativos da adubação verde e/ou incorporação de restos culturais nos teores de carbono e matéria orgânica do solo, levando a supor que em solos que estejam no seu nível de equilíbrio para as condições que são cultivados, principalmente

Tabela 12. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, L., nos teores de carbono (%) e matéria orgânica (%) do solo em cada época de amostragem, médias gerais de tratamentos e épocas, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Trat.	Épocas		Dias após incorporação					d.m.s. (linhas)	\bar{X} geral de tratamento
	Antes da In- corporação	E ₁	E ₂ =30	E ₃ =60	E ₄ =90	E ₅ =120	incorporação		
	Teor de carbono ^{a/}								
Ad. verde	1,169 a		1,168 a	1,088 a	1,214 a	1,098 a			1,147 a
Resíduos desf.	1,067 a		1,093 a	1,056 a	1,127 a	0,904 a		0,256	1,049 a
Testemunha	1,159 a		1,104 a	1,017 a	1,101 a	1,014 a			1,079 a
d.m.s. (colunas)					0,243				0,156
\bar{X} geral de época	1,131		1,121	1,053	1,147	1,005		0,147	-
	Teor de matéria orgânica ^{a/}								
Ad. verde	2,014 a		2,010 a	1,872 a	2,090 a	1,891 a			1,975 a
Resíduos desf.	1,839 a		1,883 a	1,817 a	1,939 a	1,556 a		0,441	1,806 a
Testemunha	2,002 a		1,901 a	1,751 a	1,894 a	1,746 a			1,858 a
d.m.s. (colunas)					0,418				0,269
\bar{X} geral de época	1,951		1,931	1,813	1,974	1,731		0,254	-

^{a/}No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teste Tukey.

em se tratando de solos de textura argilosa, pouco ou nada adianta aplicar massa vegetal se o fim visado é tão somente elevar estes teores. Segundo SHIH-CHUNG e CHIN-CHEN (1970) é mais difícil encontrar alterações significativas nos teores de carbono e matéria orgânica quando a adubação verde é realizada em solos de textura argilosa do que quando realizada em solos de textura arenosa. Assim, alguns trabalhos demonstram aumentos significativos nestes teores (MANN, 1959; PAI, 1963; GIDDENS *et alii*, 1965; BAVASKAR e ZENDE, 1973; HUANG e WANG, 1974 e VITTI *et alii*, 1979), todos eles conduzidos em solos de textura arenosa.

É preciso considerar ainda que, no presente trabalho, sendo a área experimental uma área tradicionalmente cultivada com cana-de-açúcar, existe uma contribuição da própria cana no fornecimento de matéria orgânica ao solo, o que contribui para manter este teor em um certo nível de equilíbrio (WEI, 1979); mesmo procedendo-se a queima dos restos culturais de cana após cada corte, a contribuição só de raízes é da ordem de 8 t/ha aos 18 meses, para uma produção de 100 t de colmos (INFORZATO e ALVAREZ, 1957). Além do que, a incorporação de vegetação espontânea nas parcelas em pousio (testemunha) mostradas na Tabela 4, talvez tenha mascarado um pouco o efeito da adubação verde sobre os teores de carbono e matéria orgânica do solo.

Nas Figuras 4 e 5 observa-se o comportamento dos tratamentos em função das épocas. Exceção feita da época 1 (antes da semeadura da crotalaria) para 2 (30 dias após incorporação da massa vegetal ao solo) quando ocorreu variação (a adubação verde manteve praticamente os mesmos teores de carbono e matéria orgânica, a incorporação de resíduos aumentaram-nos ligeiramente e a testemunha diminuiu-os), a tendência de comportamento foi igual, ou seja, da época 2 para 3 ocorreu uma diminuição nos teores em todos os tratamentos, da época 3 para 4 um aumento e da época 4 para 5 uma diminuição. Embora nas Figuras 4 e 5 as diferenças dos teores pareçam ser grandes (em virtude da escala utilizada) e o tratamento correspondente a adubação verde tenha proporcionado em todas as épocas maiores teores de carbono e matéria orgânica, não ocorreram diferenças significativas conforme já discutido.

4.1.2.2. Teores de alumínio, cálcio + magnésio e pH

Na Tabela 13 são mostrados os valores médios do teor de alumínio trocável ($\text{mE}/100 \text{ cm}^3$ de solo), cálcio + magnésio trocáveis ($\text{mE}/100 \text{ cm}^3$ de solo) e índice pH, nos diversos tratamentos, em função das épocas de amostragens do solo e as médias gerais para épocas e tratamentos com suas res-

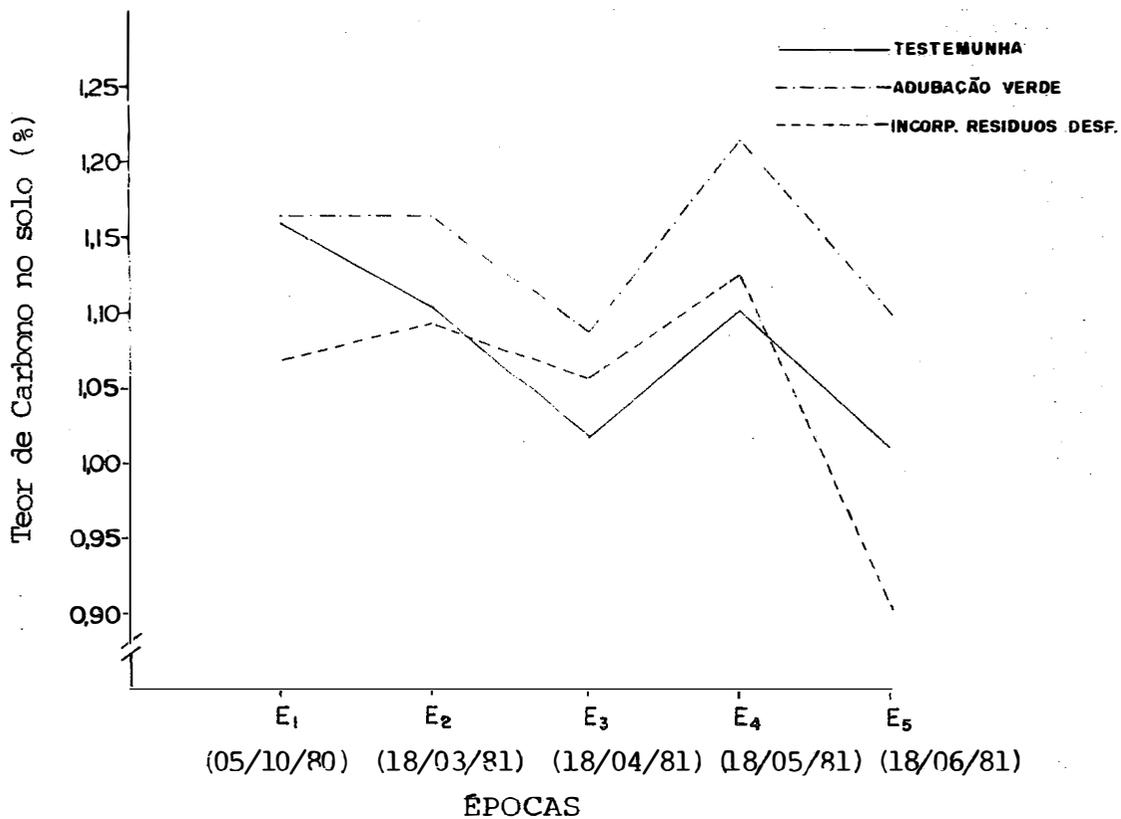


Fig. 4. Valores médios do teor de carbono no solo (%), nos tratamentos, em função das épocas de amostragens.

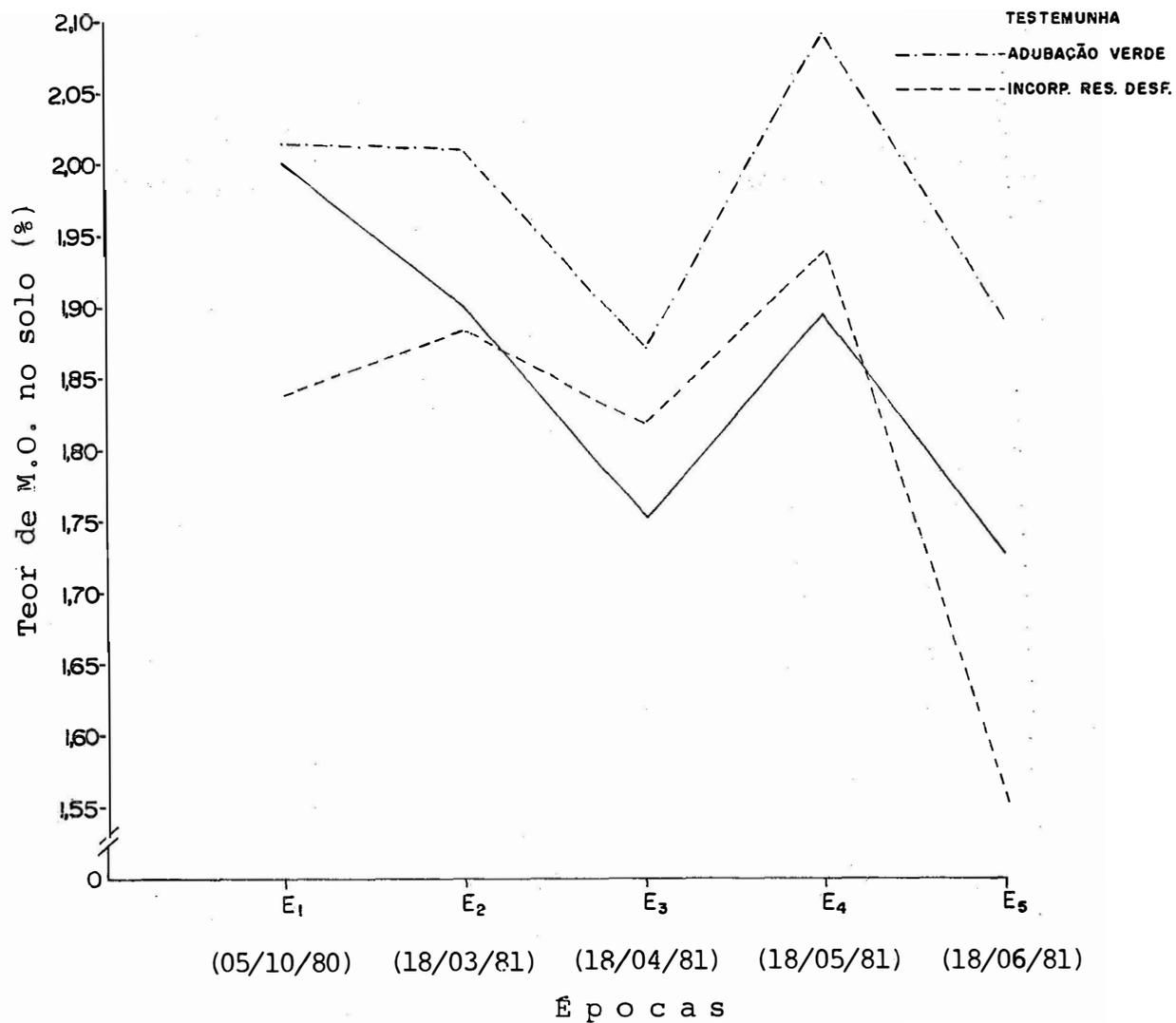


Fig. 5. Valores médios do teor de matéria orgânica no solo (%), nos tratamentos, em função das épocas de amostragens.

Tabela 13. Valores médios do efeito da adubação verde e de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, L., sobre o teor de alumínio trocável (mE/100 cm³ de solo), cálcio + magnésio trocáveis (mE/100 cm³ de solo) e Índice pH, em cada época de amostragem, médias gerais de tratamento e época, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Trat.	Épocas		Dias após incorporação					d.m.s. (linhas)	X̄ geral de tratamento
	Antes da In corporação	E ₁	E ₂ = 30	E ₃ = 60	E ₄ = 90	E ₅ = 120			
Teor de alumínio trocável ^{a/}									
Ad. verde	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	-	0,1a	
Resíduos desf.	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	-	0,1a	
Testemunha	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	-	0,1a	
d.m.s. (colunas)								-	
X̄ geral de época	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	
Teores de cálcio + magnésio trocáveis ^{a/}									
Ad. verde	7,16a	7,82a	7,03a	7,62a	7,41a	7,41a	0,46	7,41a	
Resíduos desf.	7,01a	7,41a	6,57a	6,93b	7,31a	7,31a	0,46	7,05a	
Testemunha	6,97a	7,45a	6,91a	7,08b	7,43a	7,43a	-	7,17a	
d.m.s. (colunas)			0,53					0,43	
X̄ geral de época	7,05	7,56	6,84	7,21	7,38	7,38	0,27	-	
Índice pH ^{a/}									
Ad. verde	5,89a	5,74ab	5,66a	5,71a	5,53a	5,53a	0,14	5,71a	
Resíduos desf.	5,94a	5,61a	5,81b	5,76a	5,69b	5,69b	0,14	5,76a	
Testemunha	5,99a	5,77b	5,93b	5,96b	5,83b	5,83b	-	5,90b	
d.m.s. (colunas)			0,14					0,11	
X̄ geral de época	5,94	5,71	5,80	5,81	5,68	5,68	0,08	-	

^{a/} No sentido das colunas, números seguidos pela mesma letra não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teste Tukey.

pectivas diferenças mínimas significativas.

Para o teor de alumínio trocável nota-se que não ocorreu nenhum efeito dos tratamentos dentro de cada época (correspondentes a, respectivamente, amostragem de solo realizada antes da semeadura da crotalaria, 30, 60, 90 e 120 dias após incorporação da massa vegetal ao solo), na média dos tratamentos e na média das épocas, indicando não haver efeitos da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento sobre esta característica. Resultados semelhantes foram também obtidos por VIEGAS *et alii* (1960a), e MASCARENHAS *et alii* (1967). Resultados discordantes foram encontrados por VITTI *et alii* (1979) que encontraram um aumento significativo no teor de alumínio livre de um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa como resultado da adubação verde e por FERREZ (1978) e MELLO *et alii* (1979) que encontraram uma redução no teor de alumínio do solo quando incorporaram restos culturais de plantas não leguminosas. O tipo de solo e o material utilizado na incorporação, provavelmente, contribuíram para estas variações.

Para o teor de cálcio + magnésio, na quarta época (18/05/81), correspondente a 90 dias após incorporação da massa vegetal ao solo, a adubação verde aumentou de maneira significativa o teor destes nutrientes em relação aos outros

tratamentos. Para as demais épocas não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos. Provavelmente o aumento significativo que ocorreu naquela época seja devido ao fato de ter ocorrido, entre 60 (terceira época) e 90 (quarta época) dias após incorporação da crotalaria ao solo, uma maior decomposição desta massa liberando para o solo uma maior quantidade destes nutrientes que foram retirados pela leguminosa durante o seu desenvolvimento (como é sabido as leguminosas são plantas eficientes na capacidade de retirar cátions bivalentes do solo). No entanto, observando-se a Figura 6, verifica-se que em função das épocas os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento, exceção feita entre a quarta e quinta época, quando ocorreram uma diminuição dos teores de cálcio + magnésio para adubação verde e um aumento destes teores para incorporação de resíduos e testemunha.

Para média dos tratamentos não se observaram efeitos significativos para o teor de cálcio + magnésio. Este resultado concorda com os obtidos por VIEGAS *et alii* (1960a) para um solo glacial e arenito de Baurú, por CAMARGO *et alii* (1962), MASCARENHAS *et alii* (1967) e BULISANI *et alii* (1972). Discorda, entretanto daqueles obtidos por VIEGAS *et alii* (1960a) para terra roxa misturada e por VITTI *et alii* (1979) que encontraram uma redução significativa nos teores de cálcio + magnésio do solo pela prática da adubação verde.

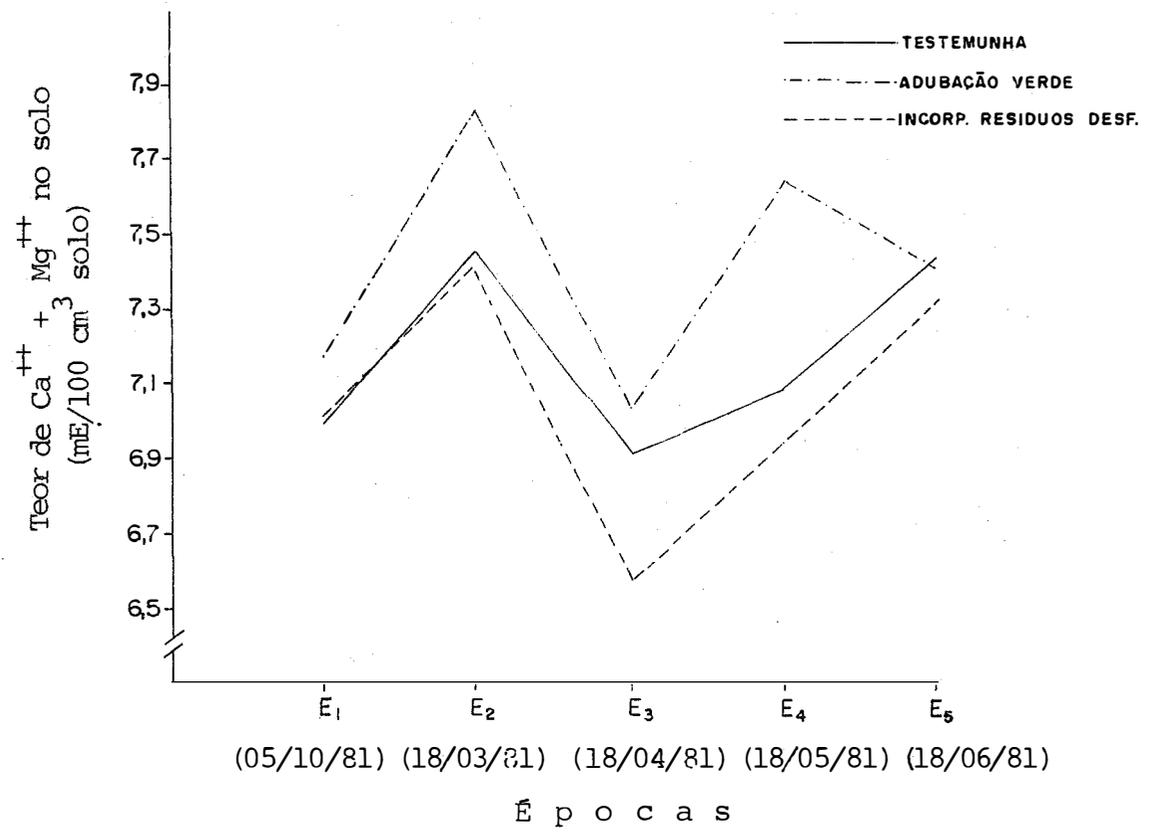


Fig. 6. Valores médios do teor de cálcio + magnésio trocáveis do solo (mE/100 cm³ solo), nos tratamentos, em função das épocas de amostragens.

Para média de épocas, ocorreram diferenças significativas para os teores de cálcio + magnésio, provavelmente devido à condição particular do solo por ocasião das amostragens, uma vez que em todos os tratamentos a tendência de comportamento no período estudado foi praticamente a mesma.

Para o índice pH, ainda observando a Tabela 13, nota-se que somente para a primeira época (05/10/80) que corresponde a amostragem realizada antes da aplicação dos tratamentos não ocorreram diferenças significativas. Na segunda época (18/03/81), trinta dias após adição da massa vegetal ao solo, a incorporação de resíduos do desfibramento de crotalaria provocou uma diminuição significativa do pH quando comparada à testemunha. A adubação verde, embora tenha também diminuído o pH, não diferiu da testemunha. Porém, nas épocas 3 (18/04/81) e 5 (18/06/81), correspondentes a, respectivamente, 60 e 120 dias após incorporação, foi a adubação verde que provocou uma redução significativa no pH quando comparada aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Na época 4 (18/05/81), correspondente a 90 dias após as duas formas de incorporação reduziram de maneira significativa o pH do solo.

Nota-se que, na amostragem realizada 30 dias após incorporação, os valores de pH encontrados para a adubação verde não diferiram daqueles encontrados para a testemunha.

Talvez isto tenha ocorrido porque a decomposição da massa incorporada ainda era pequena e os produtos da decomposição, tais como ácidos orgânicos, não eram suficientes para alterar o índice pH do solo. Mas, a partir daí, com uma maior decomposição, a adubação verde passou a afetar de maneira significativa o pH.

Para a incorporação de resíduos já aos 30 dias após o pH encontrado foi estatisticamente menor do que aquele obtido para a testemunha, talvez porque, como se incorporou material bem fragmentado e sem fibras, a decomposição foi mais rápida e o efeito no pH também. Entretanto, a partir daí, o seu efeito já não foi tão marcante quanto aquele obtido para a adubação verde. A tendência de comportamento dos tratamentos em função das épocas pode ser melhor observada na Figura 7.

Em termos de média dos tratamentos, tanto a adubação verde como a incorporação de resíduos do desfibramento reduziram de maneira significativa o índice pH do solo.

Verificando os resultados obtidos por diversos autores, nota-se que eles são variáveis. Assim, VIEGAS *et alii* (1960a) em terra roxa misturada, CAMARGO *et alii* (1962), KANWAR *et alii* (1965), TANG e HO (1969) e VITTI *et alii* (1979) encontraram também uma diminuição significativa no pH do solo, concordando com os resultados aqui obtidos. Já VIEGAS *et*

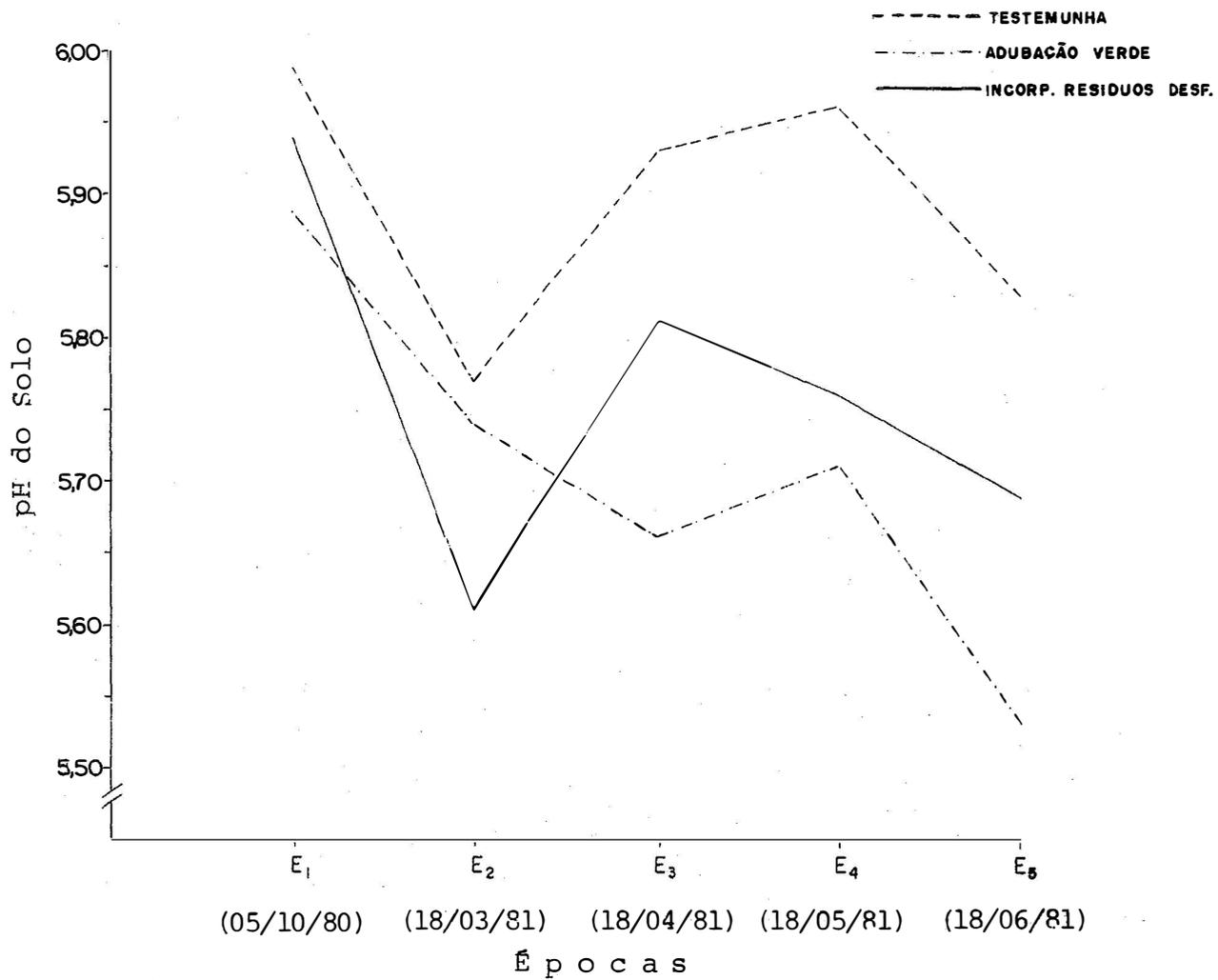


Fig. 7. Valores médios do índice pH do solo, nos tratamentos, em função das épocas de amostragem.

alii (1960a) em solo glacial e arenito de Baurú, MASCARENHAS *et alii* (1967) e BULISANI *et alii* (1972) não encontraram nenhum efeito da adubação verde e/ou incorporação de restos culturais no pH do solo enquanto que EIRA e CARVALHO (1970), FERRAZ (1978) e MELLO *et alii* (1979) encontraram aumentos significativos no pH incorporando-se restos culturais não leguminosos, discordando dos resultados encontrados neste trabalho. O tipo de solo, o clima e o material vegetal empregado ocasionam variações nos resultados obtidos, sendo muito difícil uma generalização do efeito da adubação verde e/ou incorporação de restos de cultura no solo.

4.1.2.3. Teores de potássio e fósforo

Na Tabela 14 são mostrados os valores médios dos teores de potássio (ppm) e fósforo (ppm) nos diversos tratamentos, em função das épocas de amostragens do solo, e, as médias gerais para época e tratamento com suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Para os teores de potássio do solo verifica-se que não ocorreram diferenças significativas para tratamentos dentro de cada época (correspondentes a, respectivamente, antes da semeadura da crotalaria, 30, 60, 90 e 120 dias após incor-

Tabela 14. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, L. nos teores de potássio trocável (ppm) e fósforo assimilável (ppm) do solo em cada época de amostragem, médias gerais de tratamento e época, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Épocas	Antes da in- corporação		Dias após incorporação					d.m.s. (linhas)	\bar{X} geral de tratamento
	E ₁		E ₂ = 30	E ₃ = 60	E ₄ = 90	E ₅ = 120			
Ad. verde	118,75 a	104,50 a	88,12 a	77,12 a	77,12 a	77,12 a		93,12 a	
Resíduos desf.	118,12 a	108,12 a	73,75 a	87,62 a	80,25 a	80,25 a	27,03	93,57 a	
Testemunha	100,00 a	90,75 a	69,75 a	71,12 a	66,75 a	66,75 a	-	79,67 a	
d.m.s. (colunas)			33,11					27,39	
\bar{X} geral de época	112,29	101,12	77,21	78,62	74,71	74,71	15,61	-	
Ad. verde	16,12 a	11,75 a	12,62 a	12,37 a	14,12 a	14,12 a		13,40 a	
Resíduos desf.	14,75 a	14,25 a	11,37 a	10,75 a	10,75 a	10,75 a	7,01	12,37 a	
Testemunha	22,12 a	14,37 a	13,50 a	11,62 a	11,50 a	11,50 a	-	14,62 a	
d.m.s. (colunas)			7,83					3,51	
\bar{X} geral de época	17,66	13,46	12,50	11,58	12,12	12,12	4,04	-	

a/ No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teste Tukey.

poração da massa vegetal) e para média de tratamentos, indicando que não houve efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de crotalaria no teor deste elemento no solo. Este resultado concorda com os obtidos por CAMARGO *et alii* (1962) . Discorda,entretanto daqueles obtidos por MASCARENHAS *et alii* (1967) que encontraram aumentos significativos deste teor e daqueles obtidos por TANG e HO (1969) e VITTI *et alii* (1979) que encontraram diminuição no teor de potássio do solo pela prática da adubação verde. A mesma explicação apresentada no item 4.1.2.2. se aplica aqui também , ou seja, o tipo de solo, clima e o material vegetal empregado, ocasionaram diferentes respostas.

Para a média de épocas, ocorreram diferenças significativas no teor de potássio das duas primeiras épocas para as demais,devido, provavelmente, a condição particular do solo em cada época de amostragem, uma vez que, como se observa melhor na Figura 8, de uma maneira geral, os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento com o passar do tempo, dentro do período estudado. Apenas entre as épocas 3 (18/04/81),correspondente a 60 dias após incorporação da massa vegetal, e 4 (18/05/81),correspondente a 90 dias após incorporação,ocorreram variações: a adubação verde levou a uma diminuição, a incorporação de restos a um aumento e a testemunha praticamente manteve o mesmo teor de potássio.

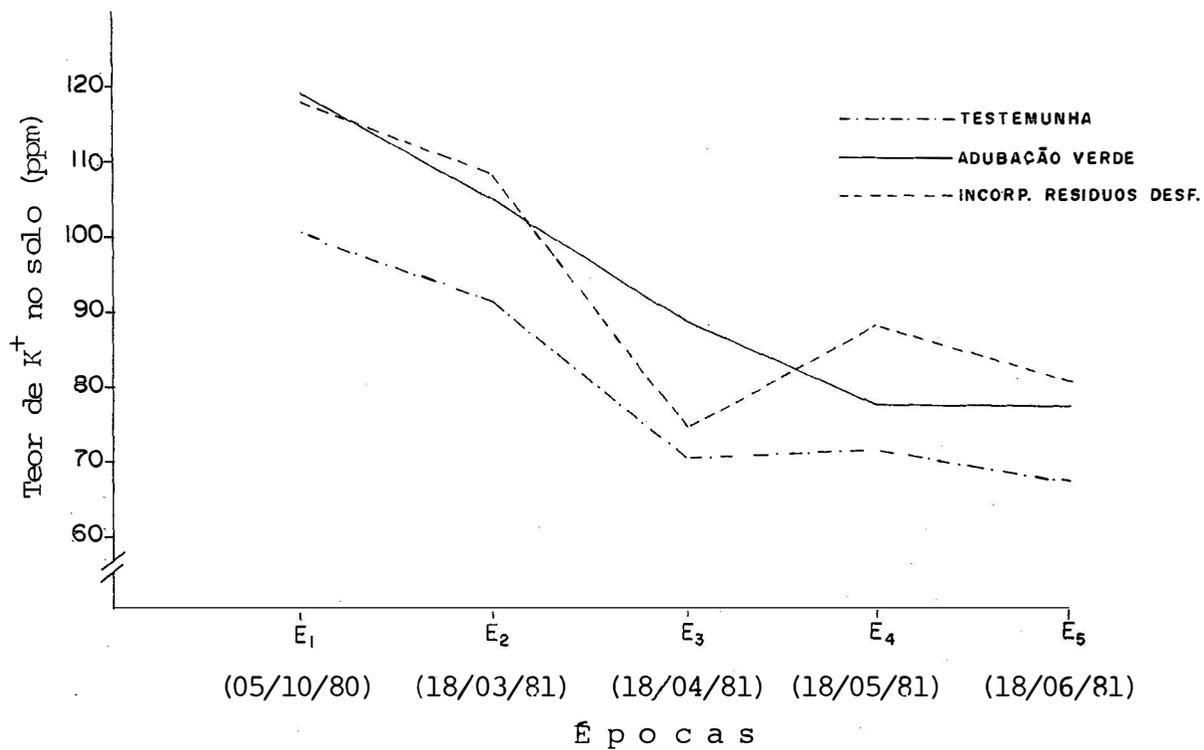


Fig. 8. Valores médios do teor de potássio trocável no solo (ppm), nos tratamentos, em função das épocas de amonstragens.

Para o teor de fósforo verifica-se ainda na Ta bela 14, que, tal como para o teor de potássio, não foram ob servadas diferenças significativas para tratamentos dentro de cada época e para média de tratamento, mostrando que também aqui não ocorreu influência das duas formas de incorporação de massa vegetal no solo dentro do período estudado.

Resultados semelhantes foram também obtidos por VIEGAS et alii (1960a) em solo Arenito de Baurú e Glacial, por CAMARGO et alii (1962), e MASCARENHAS et alii (1967). Dis cordando dos resultados obtidos temos aqueles encontrados por DALTON et alii (1952) e SUBBIAH e MANIKAR (1964) que encontra ram aumentos significativos e VIEGAS et alii (1960a) em terra roxa misturada, TANG e HO (1969) e VITTI et alii (1979) que encontraram diminuição significativa nos teores de fósforo do solo pela prática da adubação verde e/ou incorporação de restos culturais. Este efeito variável pode ser explicado pelos diferentes tipos de solos, condições climáticas e material vegetal, nestes trabalhos.

Para média de épocas ocorreram diferenças signi ficativas apenas entre a primeira (05/10/80), antes da aplica ção dos tratamentos, e as demais (correspondentes a, respecti vamente, 30, 60, 90 e 120 dias após incorporação da massa ve getal ao solo), provavelmente devido ao fato de entre elas te

rem sido realizadas operações de incorporação e preparo do solo para o plantio da cana, alterando os valores iniciais.

Observando-se a Figura 9 verifica-se que enquanto a testemunha e incorporação de resíduos do desfibramento, para o teor de fósforo, apresentaram a mesma tendência de comportamento em função das épocas, a adubação verde já a partir da segunda época (18/03/81) apresentou uma tendência de aumento no teor de fósforo no solo, provavelmente devido a decomposição cada vez crescente da massa incorporada, liberando para o solo o fósforo que foi absorvido pela crotalaria durante seu desenvolvimento vegetativo. Só que, dentro do período estudado, este aumento não chegou a ser significativo.

4.1.3. Atividade microbiana

Os quadrados médios e os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para a atividade microbiana do solo estão expostos na Tabela 15. Verifica-se que ocorreram diferenças significativas para tratamento (5% de probabilidade) e época (1% de probabilidade). A interação época X tratamento não foi significativa. Os coeficientes de variação foram relativamente baixos indicando boa precisão nesta avaliação.

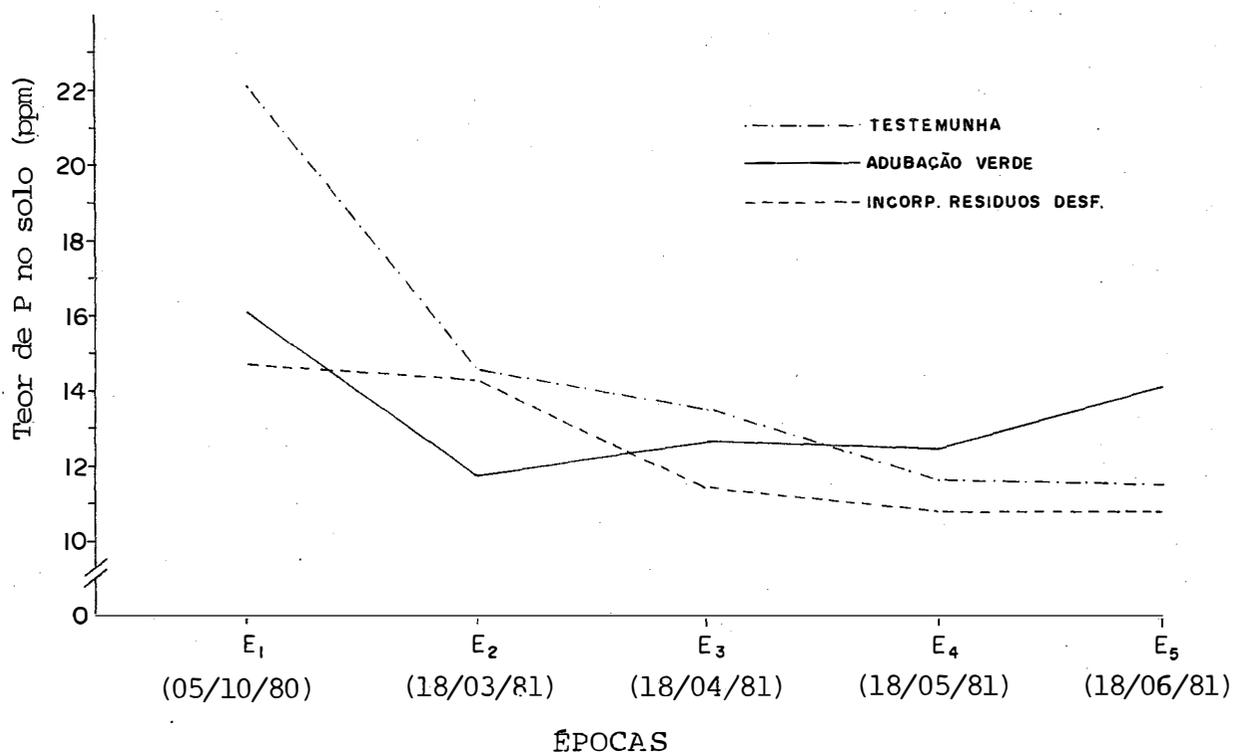


Fig. 9. Valores médios do teor de fósforo no solo (ppm), nos tratamentos, em função das épocas de amostras.

Tabela 15. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV_a e CV_b) obtidos na análise de variância para atividade microbiana do solo (moles de glicose - ^{14}C consumida/hora/g de solo).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios
Blocos	7	0,2724328
Tratamentos (A)	2	0,7707478*
Resíduo (a)	14	137,0195310
Épocas (B)	6	0,9332661**
A x B	12	0,6599890
Resíduo (b)	126	123,1087040
CV_a (%)		15,9353
CV_b (%)		15,1047

Na Tabela 16 são mostrados os valores médios da atividade microbiana do solo (moles de glicose-¹⁴C consumida/hora/g de solo), nos diversos tratamentos, em função das épocas de amostragens do solo e, as médias gerais para épocas e tratamentos com suas respectivas diferenças mínimas significativas. Infelizmente os resultados da atividade microbiana obtidos para a primeira época de amostragem (antes da semeadura da crotalaria) foram perdidos, sendo que época 1 (10/11/80), 2 (09/12/80) e 3 (09/02/81) correspondem a, respectivamente, amostras de solos retiradas aos 30, 60 e 120 dias após semeadura da crotalaria (esta última próxima à incorporação) e épocas 4 (18/03/81), 5 (18/04/81), 6 (18/05/81) e 7 (18/06/81) correspondem, respectivamente, a amostras retiradas aos 30, 60, 90 e 120 dias após incorporação da crotalaria ao solo. Observa-se que não ocorreram diferenças significativas em todas as épocas estudadas, apesar de que a partir da época 4 (após adição da massa vegetal ao solo) a adubação verde e incorporação de resíduos do desfibramento já proporcionavam um aumento razoável na atividade microbiana do solo, principalmente para a primeira, a ponto de na média dos tratamentos a atividade microbiana ser significativamente maior para a adubação verde quando comparada à testemunha.

Aumentos significativos na atividade microbiana do solo pela prática da adubação verde e incorporação de

Tabela 16. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, L. na atividade microbiana do solo (moles de $glucose - 14C$ consumida/hora/g de solo), em cada época de amostragem, médias ge rrais de tratamento e época, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Trat.	Épocas		Dias após semeadura		Dias após incorporação		i.m.s. (linhas)	\bar{X} geral de tratamento
	E ₁ = 30	E ₂ = 60	E ₃ = 120	E ₄ = 30	E ₅ = 60	E ₆ = 90		
Adubação verde	86,06 a	89,44 a	79,91 a	104,94 a	77,77 a	56,04 a	48,03 a	77,45 a
Resíduos desf.	77,78 a	89,13 a	82,64 a	97,21 a	69,23 a	52,71 a	40,63 a	72,76 ab
Testemunha	76,07 a	87,92 a	79,37 a	92,76 a	67,42 a	45,43 a	41,97 a	70,13 b
d.m.s. (colunas) ^{a/}	13,27							5,78
Média de épocas	79,97	88,83	80,64	98,30	71,47	51,39	43,54	9,60

^{a/}No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade para o teste Tukey.

restos culturais no solo foram obtidos por BOGUSLAWSKI *et alii* (1976b).

O comportamento dos tratamentos e a média do teor de umidade das amostras de solo coletadas para cada tratamento em função das épocas são mostradas na Figura 10. Observa-se que todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento com o passar do tempo e a atividade microbiana foi função direta do teor de umidade do solo. Quando o teor de umidade aumentava ou diminuía, a atividade microbiana também aumentava ou diminuía. Exceção ocorreu apenas entre as épocas 6 (18/05/81) e 7 (18/06/81) quando, apesar de ter ocorrido um aumento de teor de umidade da amostra, a atividade microbiana decresceu. Só que aqui, provavelmente, influenciou o fator temperatura, pois, nestas épocas, a temperatura média mensal já estava mais baixa (Figura 1).

A maior atividade microbiana foi obtida na época 4 (18/03/81), 30 dias após incorporação da massa vegetal ao solo e onde ocorreram também boas precipitações (Figura 1) e maior umidade do solo das amostras (Figura 10). A adubação verde, incorporando a maior quantidade de massa vegetal, foi a que proporcionou maior atividade microbiana do solo nesta época, embora não tenha diferido significativamente dos outros tratamentos.

É preciso considerar ainda que, além de se tra

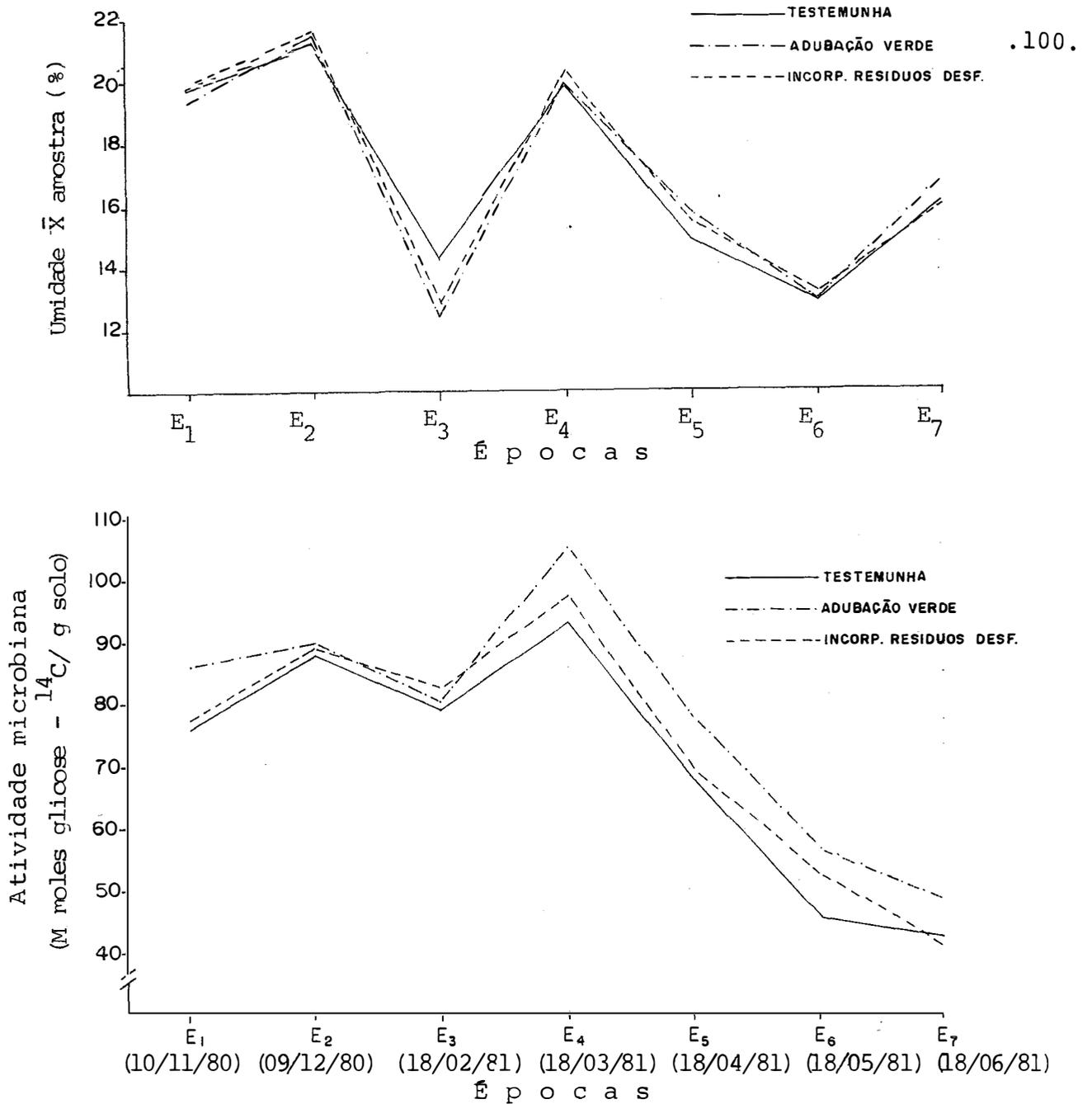


Fig. 10. Valores médios da atividade microbiana do solo (Moles glicose - ¹⁴C consumida/hora/g de solo) e teor médio de umidade das amostras, nos tratamentos em função das épocas de amostragens.

tar de um solo relativamente em equilíbrio, conforme já discutido no item 4.1.2.1., incorporou-se nas parcelas em pousio (testemunha) uma razoável quantidade de massa seca de vegetação espontânea (Tabela 4) o que, provavelmente, pode ter mascarado um pouco o efeito direto da adubação verde e incorporação de restos culturais resultantes do desfibramento de crota-ria sobre a atividade microbiana do solo, fazendo com que as diferenças obtidas para os tratamentos em cada época não fossem significativas.

4.2. Cana-de-açúcar

4.2.1. Porcentagem de brotação e velocidade de emergência

Os quadrados médios e os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para porcentagem de brotação e velocidade de emergência estão expostos na Tabela 17. Observa-se que ocorreram, para os dois parâmetros, efeitos significativos para tratamentos. Os coeficientes de variação foram baixos, indicando boa precisão nestas duas avaliações.

Na Tabela 18 são mostrados os valores médios da porcentagem de brotação ($\arcsen \sqrt{\%}$) e velocidade de emer-

Tabela 17. Quadrados médios e coeficientes de variação obtidos na análise de variância para a porcentagem de brotação ($\text{arc sen } \sqrt{\%}$) e velocidade de emergência da cana-de-açúcar, variedade NA 56-79.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios	
		Porcentagem de brotação	Velocidade brotação
Blocos	7	7,23023	1,71782
Tratamentos	2	45,57633**	13,26327*
Resíduo	14	5,21189	2,38725
C.V. (%)		6,00	13,36

Tabela 18. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juicea*, L., na porcentagem ($\text{arc sen } \sqrt{\%}$) e velocidade de emergência da cana-de-açúcar, variedade NA 56-79.

T r a t a m e n t o s	Porcentagem de brotação ^{a/}	Velocidade de emergência ^{a/}
Adubação verde	36,35750 b	10,63925 b
Resíduos desfibramento	40,77000 a	13,03087 a
Testemunha	36,98625 b	11,00812 b
d.m.s. (Tukey 5%)	2,98644	2,02118

^{a/}No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si.

gência nos diferentes tratamentos com suas respectivas diferenças mínimas significativas. Verifica-se que a incorporação de resíduos do desfibramento de crotalaria aumentou de forma significativa a porcentagem de brotação e velocidade de emergência da cana-de-açúcar quando comparada à adubação verde e testemunha, que, não foram diferentes entre si.

Os resultados obtidos para adubação verde concordam com aqueles obtidos por CARDOSO (1956) e BHADURIA e MATHUR (1970) que também não encontraram efeitos desta prática na porcentagem de brotação de cana-de-açúcar, mesmo quando o plantio de cana foi realizado sete dias após incorporação de leguminosa. São discordantes, entretanto, daqueles obtidos por KAR *et alii* (1973) e por Wilcook e Kelly, citados por SEETHARAMAN *et alii* (1974) que encontraram aumentos significativos na brotação como consequência da adubação verde com crotalaria em solos arenosos, cinco meses antes do plantio de cana. Aqui, o tipo de solo e a época de incorporação do adubo verde, provavelmente, contribuíram para este efeito.

Os resultados obtidos para incorporação de resíduos discordam daqueles obtidos por YOON e KOK (1969) que não encontraram efeito na brotação de cana-de-açúcar incorporando-se restos culturais de soja, amendoim e *Pachyrrhizus erosus* (L.) Kurz, mas, o tipo de solo e o período de tempo de

corrido entre a incorporação e o plantio de cana são diferentes, o que, provavelmente, explica as variações nos efeitos obtidos.

O aumento verificado na porcentagem e velocidade de brotação pela incorporação de resíduos do desfibramento no presente trabalho, provavelmente, foi devido à melhoria observada na densidade aparente e porosidade total do solo para este tratamento, aumentando sua aeração, e/ou, talvez a uma maior retenção de umidade no solo propiciada por esta forma de incorporação (restos culturais bem picados sem as fibras e incorporados uniformemente na parcela permitindo um maior contato solo/massa vegetal), criando assim melhores condições para uma maior e mais rápida brotação da cana. Provavelmente, também aqui a decomposição tenha sido mais rápida e uma possível ação de substâncias inibitórias da brotação, liberadas durante a decomposição (em menor quantidade quando comparado à adubação verde) não tenha chegado a influenciar.

4.2.2. Altura do colmo primário, número de folhas por colmo primário e número de colmos por área útil de parcela

Os quadrados médios e os coeficientes de variação obtidos na análise de variância para a altura do colmo

primário, número de folhas por colmo primário e número de colmos por área útil de parcela estão expostos na Tabela 19. Observa-se que somente para o número de colmos por área ocorreram diferenças significativas para tratamentos (5% de probabilidade), enquanto que, para todos os parâmetros ocorreram diferenças significativas para época (1% de probabilidade) e não significativa para a interação época X tratamento. Os coeficientes de variação obtidos foram baixos, indicando boa precisão nestas avaliações.

Na Tabela 20 são mostrados os valores médios obtidos para altura do colmo primário (cm), número de folhas por colmo primário (\sqrt{x}) e número de colmos por área útil de parcela (\sqrt{x}), nos diversos tratamentos, em função das épocas de amostragens do solo e as médias gerais para épocas e tratamentos com suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Para a altura de colmo e número de folhas por colmo, verifica-se que não ocorreram diferenças significativas para tratamentos dentro de cada época de amostragem (correspondentes a, respectivamente, 70, 100, 130 e 160 dias após plantio da cana-de-açúcar) e para média dos tratamentos, indicando não haver influência da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento sobre estes parâmetros. Resultados semelhantes foram também obtidos por YOON e KOK (1969) e por BHADURIA e MATHUR (1970) quando estudaram, res -

Tabela 19. Quadrados médios e coeficientes de variação (CV_a e CV_b) obtidos na análise de variância para altura de colmo primário (cm), número de folhas por colmo primário (\sqrt{x}) e número de colmos por área útil de parcela (\sqrt{x}) de cana-de-açúcar, variedade NA 56-79.

C. Variação	GL	Quadrados médios		
		Altura do colmo	Nº folhas/colmo	Nº colmos/parcela
Blocos	7	0,1104791	0,3790576	0,3878566
Trat. (A)	2	0,4967956	0,7575988	0,3424911*
Resíduo (a)	14	22,6366400	0,0224490	5,5013950
Época (B)	3	0,2166623**	0,2743222**	0,7578781**
A x B	6	0,6429138	0,3641446	0,1594350
Resíduo (b)	63	1,2723920	0,0005870	1,7258210
CV_a (%)		14,7939	5,6770	7,4518
CV_b (%)		3,5074	0,9184	4,1737

Tabela 20. Valores médios do efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, L. sobre a altura do colmo primário, número de folhas por colmo e número de colmos por parcela de cana-de-açúcar, variedade de NA 56-79, em cada época de amostragem, médias gerais de tratamento e época, e suas respectivas diferenças mínimas significativas.

Épocas Trat.	Dias após plantio de cana				d.m.s. (linhas)	\bar{X} geral de tratamento
	E ₁ = 70	E ₂ = 100	E ₃ = 130	E ₄ = 160		
			Altura do colmo ^{a/}			
Ad. verde	20,97 a	29,19 a	36,89 a	42,11 a		32,29 a
Resíduos desf.	19,94 a	28,92 a	37,01 a	42,32 a	1,49	32,04 a
Testemunha	20,34 a	29,11 a	36,89 a	42,16 a		32,12 a
d.m.s. (colunas)		3,26			-	3,11
\bar{X} geral de época	20,42	29,07	36,93	42,20	0,86	-
			Número de folhas por colmo ^{a/}			
Ad. verde	2,21 a	2,53 a	2,80 a	2,97 a		2,63 a
Resíduos desf.	2,22 a	2,55 a	2,83 a	3,00 a	0,03	2,65 a
Testemunha	2,20 a	2,53 a	2,80 a	2,97 a		2,62 a
d.m.s. (colunas)		0,10			-	0,09
\bar{X} geral de época	2,21	2,54	2,81	2,98	0,02	-
			Número de colmos por parcela ^{a/}			
Ad. verde	22,65 a	30,29 b	34,10 b	34,70 a		30,43 b
Resíduos desf.	24,07 a	33,52 a	36,19 a	36,24 a	1,73	32,50 a
Testemunha	23,56 a	31,58 ab	34,98 ab	35,76 a		31,47 ab
d.m.s. (colunas)		1,98			-	1,53
\bar{X} geral de época	23,43	31,80	35,09	35,57	1,00	-

^{a/}No sentido das colunas, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o teste Tukey.

pectivamente, o efeito da incorporação de restos culturais leguminosos e da adubação verde no desenvolvimento vegetativo inicial de cana-de-açúcar.

O efeito não significativo obtido no presente trabalho para o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar pode ser explicado pelas poucas alterações ocorridas no solo em função da adubação verde e da incorporação de restos culturais dentro do período estudado, conforme já discutido nos itens 4.1.1., 4.1.2. e 4.1.3. E também pela adubação química que foi empregada nos sulcos por ocasião do plantio de cana em todos os tratamentos o que, provavelmente, também contribuiu para que não ocorressem diferenças significativas.

Para média das épocas, tanto para a altura do colmo primário quanto para o número de folhas/colmo, ocorreram diferenças significativas. Isto era de se esperar, face ao desenvolvimento vegetativo sempre crescente da cana-de-açúcar em função das épocas.

No tocante ao número de colmos por área útil de parcela, conforme ainda se vê na Tabela 20, em todas as épocas (correspondentes a, respectivamente, 70, 100, 130 e 160 dias após o plantio da cana-de-açúcar) tanto a adubação verde como a incorporação de resíduos do desfibramento não diferiram da testemunha, o mesmo ocorrendo para a média de épocas. Pro-

vavelmente isto também pode ser explicado pelas poucas alterações ocorridas no solo como resultado das duas formas de incorporação da massa vegetal. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por KAR *et alii* (1973) que também não encontraram cerca de 150 dias após o plantio, influência da adubação verde no número de colmos por área para cana-planta; concordam em parte com aqueles obtidos por YOON e KOK (1969) quando não encontraram, ao final do ciclo, influência da incorporação de restos culturais de soja e *Pachyrrhizus erosus* (L.) Kurz no número de colmos por área (mas, encontraram influência para incorporação de restos culturais de amendoim) e discordam daqueles obtidos por BHADURIA e MATHUR (1970) quando verificaram, no final do ciclo, influência significativa da adubação verde no número de colmos por área.

Verifica-se, ainda pela Tabela 20, que ocorreram diferenças significativas nas épocas 2 (04/06/81) e 3 (03/07/81), correspondentes a respectivamente 100 e 130 dias após o plantio de cana, quando, o número de colmos por área útil de parcela foi significativamente maior para a incorporação de resíduos do desfibramento quando comparada à adubação verde, mas ambos não diferiram da testemunha, conforme já discutido.

Para média das épocas, como era de se esperar, ocorreram diferenças significativas, uma vez que o aumento

no número de colmos/área útil de parcela foi proporcional ao desenvolvimento vegetativo crescente da cultura. Porém, os tratamentos apresentaram a mesma tendência de comportamento, ou seja, aumentaram o número de colmos em função das épocas estudadas.

De uma maneira geral, observou-se, nas condições em que foi desenvolvido o trabalho e pelo período de tempo estudado, que a adubação verde e incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L. provocaram poucos efeitos no solo e no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Esta foi a primeira etapa do trabalho, que terá continuidade, determinando-se os efeitos na produção de cana-planta e demais cortes, verificando assim o efeito a longo prazo dos diversos tratamentos aplicados.

Também, com base na revisão de literatura apresentada, seria interessante que este tipo de trabalho fosse realizado em solos de baixa fertilidade, principalmente aqueles de textura arenosa, onde parece que os efeitos da adubação verde são mais marcantes.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- 1) Ocorreu uma diminuição significativa, porém temporária, na densidade aparente do solo em função da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L.
- 2) Não houve efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L. na porosidade total do solo, nos teores de carbono, matéria orgânica, alumínio trocável, fósforo assimilável, potássio trocável e na atividade microbiana do solo em nenhuma das épocas.

cas de amostragens estudadas. Para cálcio + magnésio trocáveis, apenas em uma época (90 dias após incorporação), a adubação verde aumentou estes teores no solo.

- 3) A adubação verde e a incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L. provocaram uma diminuição no pH do solo.
- 4) A incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L. aumentou a porcentagem de brotação e a velocidade de emergência da cana-de-açúcar.
- 5) Não houve efeito da adubação verde e da incorporação de resíduos do desfibramento de *Crotalaria juncea* L. no desenvolvimento vegetativo inicial da cana-de-açúcar.
- 6) É viável a extração de fibras de *Crotalaria juncea* L. utilizada na rotação, pois, permite uma renda adicional ao produtor e a incorporação dos resíduos oferece melhores condições para a brotação da cana-de-açúcar.

6. LITERATURA CITADA

ALBUQUERQUE, G.A.C. de, 1976. Decomposição de resíduos orgânicos em solos arenosos medida pelo teor de C e relação C/N. Piracicaba, ESALQ/USP, 67 p. (Tese de Mestrado).

ALMEIDA, L. D'A. de; S. MIYASAKA, T. IGUE; A.A. ORTOLANI; J. ALOISI SOBR?; G. de SORDI e S. ALVES, 1971. Efeitos na produção do feijão da seca, da irrigação, da adubação mineral e da incorporação ao solo de massa vegetal semi-decomposta de *C. juncea* L. *Bragantia*, Campinas, 30(2):289-304.

ARMY, T.J. e J.C. HIDE, 1959. Effects of green manure crops on dryland wheat production in the great plains area of Montana. *Agronomy Journal*, Madison, 51(4):196-198.

- BAVASKAR, V.S. e G.K. ZENDE, 1973. Soil fertility under continuous manuring and cropping. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 43(5):492-499.
- BEATY, E.R. e J. GIDDENS, 1970. Effect of seedbed preparations and green manure crops on corn (*Zea mays* L.) production. *Agronomy Journal*, Madison, 62(3):403-404.
- BEAUCHAMP, C.E., 1966. Influência del drenage sobre el rendimiento de azúcar de la caña. *Boletim Oficial de la Asociación de los Técnicos Azucareros del Cuba*, Havana, 21(1):67-69.
- BERNARDY, P., 1954. Some thoughts on green manuring in the Natal sugar belt. *The South African Sugar Journal*, Durban, 63(11):526-527.
- BHADURIA, V.S. e B.K. MATHUR, 1970. Phosphatic manuring of sugarcane crop in east U.P. *Indian Sugar*, New Delhi, 20(5):411-421.
- BHADURIA, V.S. e B.K. MATHUR, 1973. Problem of green manuring sugarcane - intercropping as solution. *Indian Sugar*, New Delhi, 23(4):351-358.
- BIGI, F., 1962. The improvement of sugar cane production in Somalia. Trials and results. *Rivista de Agricoltura Sub-tropicale e Tropicale*, Firenze, 56(10-12):602-667.

BLACKER, G.R., 1965. *Methods of soil analysis, and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison, American Society of Agronomy, p. 374-390.

BOGUSLAWSKI, E.V.; F. ZADRAZIL e J. DEBRUCK, 1976a. The influence of long-term straw application and green manuring compared to N fertilization on factors of soil fertility. I - Soil dehydrogenase activity. *Zeitschrift für Acker-und Pflanzenbau*, Berlin, 143(4):249-258.

BOGUSLAWSKI, E.V., F. ZADRAZIL e J. DEBRUCK, 1976b. The influence of long-term straw application and green manuring compared to nitrogen fertilization on factors of soil fertility. II - Soil physical properties. *Zeitschrift für Acker-und Pflanzenbau*, Berlin, 143(4):259-269.

BONFILS, P., 1963. The evolution of organic matter in two soils in Senegal. *Agronomie Tropicale*, Paris, 18(12):1254-1279.

BRASIL, 1977. Ministério da Indústria e Comércio. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar. *Guia para a identificação das principais variedades de cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba. 28 p.

BRASIL, 1980. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro. 840 p.

- BRIEGER, F.O., 1969. Adubação verde para o canavial - o rendimento. *Boletim Técnico COPERSUCAR*, Piracicaba, 7(2):1-3.
- BULISANI, E.A.; S. MIYASAKA; L. D'A, de ALMEIDA; H.J. SCARANARI e H.S. PINTO, 1972. Estudos ecológicos com o feijoeiro. I - Efeitos da incorporação de massa vegetal ao solo e do sombreamento parcial. *Bragantia*, Campinas, 31:83-95.
- CAMARGO, A.P. de; E.S. FREIRE e W.R. VENTURINI, 1962. Adubação da batata doce em São Paulo. Parte II - Efeito do calcáreo e de vários adubos. *Bragantia*, Campinas, 21(1):325-339.
- CARDOSO, E. de M., 1956. Contribuição para o estudo da adubação verde dos canaviais. Piracicaba, ESALQ/USP, 89 p. (Tese de Doutorado).
- CAREY, T.M. e P. ROBINSON, 1953. The manuring of sugarcane. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, Oxford, 21(82): 99-115.
- CHATER, M. e J.K.R. GASSER, 1970. Effects of green manuring, farmyard manure and straw on the organic matter of soil and green manuring on available nitrogen. *Journal Soil Science*, Oxford, 21(1):127-137.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. 634 p.

- COPE, J.T.; D.G. STURKIE e A.E. HILTBOLD, 1958. Effects of manure, vetch, and commercial nitrogen on crop yields and carbon and nitrogen contents of a fine sandy loam over a 30 year period. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, 22(6):524-527.
- DALTON, J.D.; G.C. RUSSEL e D.H. SIELING, 1952. Effects of organic matter on phosphate availability. *Soil Science*, New Brunswick, 73(3):173-181.
- DAY, P.R., 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACKKE, G.R. *Methods of soil analysis physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, p. 545-566.
- DÖBEREINER, J. e R. ALVAHYDO, 1966. Eliminação da toxidez de manganês pela matéria orgânica em solo "Gray Hidromórfico". *Pesquisa Agropecuária brasileira*; Rio de Janeiro, 1:243-248.
- DYKE, G.V.; H.D. PATTERSON e T.W. BARNES, 1977. The woburn long-term experiment on green manuring, 1936-37. *Report Rothamsted Experimental Station for 1976*, St. Albans (2):119-149.
- EIRA, A.F. da e P. de C.T. de CARVALHO, 1970. A decomposição da matéria orgânica, pelos microorganismos do solo, e sua influência nas variações do pH. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 45(1):15-21.

- FERRAZ, J.M.G., 1978. Influência da vegetação sobre a população microbiana e fertilidade dos solos de cerrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 93 p. (Tese de Mestrado).
- FLOCKER, W.J.; J.A. VOMOCIL e M.T. VITTO, 1958. Effect of rotation with green manuring and irrigation on physical characteristics of Hesperia sandy loam. *Agronomy Journal*, Madison, 50(5):251-254.
- FREIRE, E.S. e G.P. VIEGAS, 1958. Sobre a conservação da matéria orgânica em nossos solos. *Bragantia*, Campinas, 17:XXIII-XXVII.
- FREITAS, J.R.; P.B. VOSE; V.F. NASCIMENTO FILHO e A.P. RUSCHELL, 1979. Estimativa da atividade da microflora heterotrófica em solo terra roxa estruturada usando respirometria com glicose - ^{14}C . *Energia Nuclear na Agricultura*, Piracicaba, 1(2):123-130.
- FREITAS, M.B. de e C.M.B. de FARIA, 1981. Influência de práticas agrícolas na fertilidade do solo e no rendimento do tomateiro no agreste pernambucano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5(1):54-57.
- GARGANTINI, H.; R. ALVAREZ; R.A. CATANI e J.M. GALLO, 1958. *Restauração de solo para a cultura da cana-de-açúcar. I - Período de 1954-1956*. Campinas, Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, 12 p.

- GIDDENS, J.; S. ARSJAD e T.H. ROGERS, 1965. Effects of nitrogen and green manures on corn yields and properties of a cecil soil. *Agronomy Journal*, Madison, 57(5):466-469.
- GLÓRIA, N.A. da; M.E. MATTIAZO; V. PEREIRA e J.M. PARO, 1980. Avaliação da produção de adubos verdes. *Saccharum*, São Paulo, 3(8):31-35.
- HERBERT, L.P. e L.G. DAVIDSON, 1960. Effect of cane trash, legumes, and bagasse on cane and sugar yields and on the organic matter content in Louisiana sugar-cane soils. In: 10th Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, Honolulu, p. 565-579.
- INFORZATO, R. e R. ALVAREZ, 1957. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar, var. Co 290, em solo tipo terra-roxa-legítima. *Bragantia*, Campinas, 16:1-13.
- JOFFE, J.S., 1955. Green manuring viewed by a pedologist. *Advances in Agronomy*, New York, 7:141-187.
- JOTHIMOORTHY, S.; R.P. RAJA; T.K.G. RAO e S.D. RAJAN, 1971. Studies on the influence of intersown green manure on sugarcane. *Indian Sugar*, New Delhi, 20(10):731-740.
- KANWAR, J.S.; D.R. BHUMBLA e N.T. SINGH, 1965. Studies on the reclamation of saline and sodic soils in the Punjab. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, 35(1):43-51.

- KAR, K.; S.K. OJHA e N. AHMAD, 1973. Effect of green manuring on yield and quality of sugarcane. *Indian Sugar*, New Delhi, 23(4):359-368.
- KIEHL, E.J., 1960. Contribuição para o estudo da poda e da decomposição de adubos verdes. Piracicaba, ESALQ/USP, 113 p. (Tese de Livre Docência).
- KROONTJE, W. e W.R. KEHR, 1956. Legume top and root yields in the year of seeding and subsequent barley yield. *Agronomy Journal*, Madison, 48(3):127-131.
- KUMARAPERUMAL, N.; T.L. BASKARAN; S.C. DANIEL; D. RAJAMANICKAM; S. RAJAN e T.R. SRINIVASAN, 1975. Response of sugarcane to green manuring. *Indian Sugar*, New Delhi, 25(8):681-684.
- MAGUIRE, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, 2(2):176-177.
- MANN, H.H., 1959. Field studies in green manuring. *Empire Journal Experimental Agriculture*, Oxford, 27(107):243-251.
- MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; L.A.C. LOVADINI; E.S. FREIRE; J. TEÓFILO SOBRÃO; L.P. CRUZ; C. NERY e F.C. de ANDRADE, 1967. Efeito da adubação verde do feijoeiro "da seca" com *Crotalaria juncea* L., empregando-se toda a vegetação ou retirando-se do campo as hastes despojadas de suas folhas. *Bragantia*, Campinas, 26: 219-234.

- MELLO, F. de A.F. de e M. de O.C. do BRASIL SOBRO, 1960a, Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna preta, *Crotalaria juncea* L. e feijão baiano. I - Influência sobre a produção de arroz. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 35(1):33-40.
- MELLO, F. de A.F. de e M. de O.C. do BRASIL SOBRO, 1960b, Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna, *C. juncea* e feijão baiano. II - Influência sobre o teor de Ca^{+2} trocável do solo. III - Relação Ca^{+2} trocável x produção de arroz. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 35(4):249-255.
- MELLO, F. de A.F. de e M.O.C. do BRASIL SOBRO, 1963. Produção de matéria vegetal e composição química de alguns adubos verdes. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 38(2):71-78.
- MELLO, F. de A.F. de, 1978. Fixação de nitrogênio por algumas leguminosas. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 53(1-2): 59-63.
- MELLO, F. de A.F. de; R.J.P. CUNHA; P.A. JARA; M.V. CARRETERO; E. ZAMBELLO JR. e S. ARZOLLA, 1979. Efeito da incorporação de resto de cultura de milho (*Zea mays* L.) sobre algumas propriedades químicas e físicas de cinco séries de solos do município de Piracicaba. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 54(1-2):35-49.

- MISHRA, S.P., 1966. On response of sugarcane to Sanai green manuring. In: 34th Annual Convention of the Sugar Technologists Association of India, Kanpur, p. 251-253.
- MISRA, G.N.; R.S. PANDEY e S. SINGH, 1970. Green manuring in standing sugarcane. *Indian Sugar*, New Delhi, 19(9):817-820.
- MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1965a. Efeito da matéria orgânica sobre a produção do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 24:LIX-LXI.
- MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE; H.A.A. MASCARENHAS e T. IGUE, 1965b. Adubação verde, calagem e adubação do feijoeiro em solo com vegetação de cerrado. *Bragantia*, Campinas, 24:321-338.
- MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE; H.A.A. MASCARENHAS; C. NERY; M. CAMPANA e G. de SORDI, 1966a. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro da seca, em terra roxa misturada. *Bragantia*, Campinas, 25(1):277-289.
- MIYASAKA, S.; A.P. de CAMARGO; R. INFORZATO e T. IGUE, 1966b. Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta, na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 25(2):349-363.

MIYASAKA, S.; L.A.C. LOVADINI; E.S. FREIRE e B.V. RAIJ, 1967.

Efeitos sobre a produção do feijoeiro, da aplicação de diversos tipos de matéria orgânica, não decomposta, na presença da adubação mineral com P, NP ou PK. *Bragantia*, Campinas, 26:187-196

MONDARO, E.; O. de MORAES; D.A. MOREL; L. MIURA e A.T. SCHMITT, 1981. *Leguminosas para adubação verde em solos arenosos do sul de Santa Catarina*, Florianópolis, EMPASC, 13 p. (Comunicado Técnico, 43).

MONNIER, G. e R. GRAS, 1965. Effect of a green manure crop on the physical properties of an orchard soil. *Annales Agronomiques*, Paris, 16(5):553-577.

NEME, N.A., 1961. *Leguminosas para adubos verdes e forragens*. Campinas, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 34 p. (Boletim 109).

NETTO, E.M., 1945. O gênero *Crotalaria* Linneus. *Agronomia*, Rio de Janeiro, 5(2):119-139.

PAI, T., 1963. Decomposition of cane leaves mixed with the green manure crop poona pea in the soil. *Report of the Taiwan Sugar Experimental Station*, Tainan (32):83-101.

PAO, T.P. e F.W. HO, 1953. Field experiments on the interplanting of autumn and spring cane with leguminous green manure crops. *Report of the Taiwan Sugar Experimental Station*, Tainan (11):7-40.

PIMENTEL GOMES, F., 1963. *Curso de Estatística Experimental*.
2ª ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz". 404 p.

RAMIREZ, R., 1972. Comportamento de três abonos verdes y su
efecto en el rendimiento de Maiz. *Agronomia Tropical*,
Maracay, 22(1):3-17.

RESCK, D.V.S. e J. PEREIRA, 1979. Efeito da incorporação de
restos culturais e adubo verde nas propriedades físicas de
um Latossolo Vermelho Amarelo fase cerrado. In: 17º Congresso
Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, p. 1. (Resumos).

ROCHE, P. e J. VELLY, 1961. The efficiency of green manure crops
in maintaining the fertility of some soils types in Madagascar.
Agronomie Tropicale, Paris, 16(1):7-51.

SALGADO, A.L.B.; A.C. LOVADINI; J.M. PIMENTEL e W. GIMENEZ, 1972.
Instruções para a cultura da Crotalaria juncea L. Campinas,
Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 21 p. (Boletim
198).

SCHAAFFHAUSEN, R.V., 1968. Recuperação econômica de solos em
regiões tropicais através de leguminosas e microelementos.
In: 2º Congresso Latino-americano de Biologia do Solo, Santa
Maria, p. 1-12.

- SEETHARAMAN, R.N.; K. SRIRANGAN e E.K. NATARAJAN, 1974. Green manuring for sugarcane. *Indian Journal*, New Delhi, 24(1): 29-30.
- SHIH-CHUNG, W. e Y. CHIN-CHEN, 1970. Effects of green manuring in the cane fields of Taiwan. *Taiwan Sugar*, Tainan, 17(3): 2-13.
- SHIUE, J.J., 1959. Field experiments on the effects of green manuring and nitrogenous fertilizer upon sugarcane. *Report of the Taiwan Sugar Experimental Station*, Tainan (20):41-56.
- SILVA, F.T. da e R.N.M. CHAVES, 1966. Estudo sobre recuperação de solos. Competição de leguminosas na produção de milho. *Agronomia*, Rio de Janeiro, 24(23-28).
- SILVA, T.C.A. da e C. VIEIRA, 1972. Influência da adubação verde intercalar e do manejo da palhada sobre as perdas por erosão na cultura do milho. *Revista Ceres*, Viçosa, 19(106): 416-423.
- SINGH, A., 1963. A critical evaluation of green manuring experiments on sugar cane in north India. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, Oxford, 31(123):205-212.
- SINGH, A., 1965. Responses of sugar cane to sunn green manuring in India. *Experimental Agriculture*, London, 1(3)209-214.

SNEDECOR, G.W., 1956. *Statistical Methods*, 5^a ed., Iowa State College Press, Ames Iowa. 330 p.

SOUZA, D.F. de, 1953. A adubação verde e o problema dessa prática na lavoura canavieira paulista. Piracicaba, ESALQ/USP, 47 p. (Tese de Doutorado).

SRIVASTAVA, S.C. e S.N. PANDIT, 1968. Relative role of sunnhemp tops and roots in contributing to the green manuring benefits to sugarcane. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, 38(2):338-342.

STEEL, T.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481 p.

SUBBIAH, B.V. e N.D. MANNIKAR, 1964. Selection of green manure crops for the uptake of sub-soil phosphorus studies with ³²P. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, 34(1):21-27.

TANAKA, R.T.; P.R.R.S. SANTOS e F.M. FREIRE, 1981. Efeito da adubação verde no teor de matéria orgânica do solo e na produção de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: 18^o Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador, p. 98-99. (Resumos).

TANG, K.H. e P.W. HO, 1968. Studies on nine consecutive sugar cane ratoons and various methods of maintaining soil fertility in Taiwan. In: 13th Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, Taiwan, p. 618-622.

- VALLANCE, L.G., 1959. Nitrogen - from a green manure. *The Cane Growers Quartely Bulletin*, Brisbane, 23(1): 26-27.
- VETTORI, L., 1969. *Métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, EPEMA, 24 p. (Boletim Técnico, 7).
- VIÉGAS, G.P.; H. GARGANTINI e E.S. FREIRE, 1960a. Efeito da mucuna, do calcáreo e de outros adubos sobre as propriedades químicas do solo. *Bragantia*, Campinas, 19(1):91-100.
- VIÉGAS, G.P.; E.S. FREIRE e C.G. FRAGA JR., 1960b. Adubação do milho XIV - Ensaio com mucuna intercalada e adubos minerais. *Bragantia*, Campinas, 19(2):909-941.
- VIEIRA, C., 1961. Efeito da adubação verde intercalar sobre o rendimento de milho. *Experientiae*, Viçosa, 1(1):1-24.
- VITTI, G.C.; M.E. FERREIRA; D. PERECIN e P. ZANETTI NETTO, 1979. Influência de cinco leguminosãs, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo fase Arenosa (LVa). *Científica*. Jaboticabal, 7(3):431-435.
- WEI, C.C., 1979. Effect of compost and green manure on sugar cane production. *Report of the Taiwan Sugar Research Institute*, Tainan (83):35-50.
- WUTKE, A.C.P.; R. ALVAREZ; H. GARGANTINI e H.V. de ARRUDA, 1960. Restauração de solo para a cultura da cana-de-açúcar. II. Período 1956-58. *Bragantia*, Campinas, 19(1):675-687.

WUTKE, A.C.P. e R. ALVAREZ, 1968. Restauração do solo para a cultura da cana-de-açúcar. III. Período 1958-61. *Bragantia*, Campinas, 27(1):201-217.

YANG, S.C., 1966. A study on the nutrient content and decomposition of green manure plants. *Report of the Taiwan Sugar Experimental Station*, Tainan (39):91-109.

YOON, C.N. e C.A. KOK, 1969. A note green manuring in sugarcane cultivation. *The Malaysian Agricultural Journal*, Kuala Lumpur, 47(1):14-20.