

**TORTA DE FILTRO ROTATIVO E VINHAÇA COMO
FERTILIZANTES, EM MISTURAS COM APATITA DE ARAXÁ
E SUPERFOSFATO SIMPLES**

ANTONIO CARLOS RIBEIRO

Orientador: Dr. Valdomiro Corrêa de Bittencourt

**Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.**

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1 9 7 8

Aquele que domina o infinito, é realmente um Sábio.

Aos meus familiares e
À minha U.F.V.,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Valdomiro Corrêa de Bittencourt, que sempre soube me ouvir e orientar;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", que me acolheu como aluno;
- À Universidade Federal de Viçosa, que me concedeu a licença para estudo;
- Ao Convênio PICD-CAPES/UFV, pela bolsa de estudos que me foi concedida;
- À Estação Experimental da COPERSUCAR de Piracicaba, na pessoa do Dr. Marcílio N. do Amaral Gurgel, pelo fornecimento de instalações, material e mão-de-obra;
- À Secção de Química Analítica do CENA, pelas análises químicas realizadas;
- Ao Dr. Moacyr O. C. do Brasil Sobrinho, mestre e ponto de-apoio moral;
- Aos senhores: Dr. Virgílio F. Nascimento Filho, Dr. Eiichi Matsui, Dr. Takashi Muraoka, Dr. Antônio de Oliveira Lobão e às senhoras: Dra. Alaídes Puppim Ruschel e Dra. Siu Mui Tsai Saito, pelas facilidades concedidas;
- Aos colegas Antônio Cardoso, Domício Alves Cordeiro, Laurentino Fernandes Batista e Renato Mário Del Giudice, pe-

- la amizade, ajuda e sugestões;
- Às Srtas. Vitalina Neide Belotto, Iolanda Aparecida Rufini e Maria Ângela Foltran, pelas ajudas nas análises químicas;
 - Ao Professor Cid Martins Batista, pela compreensão e apoio;
 - Ao Centro de Processamento de Dados da U.F.V., pelas análises estatísticas;
 - Aos senhores Professores José Tarcísio Lima Thiébaud, Lae de Maffia de Oliveira, Alcides Reis Condé, Dr. José Mário Braga e Dr. Valter Brune, pelas sugestões na análise e interpretação dos dados;
 - Aos que, de qualquer forma, contribuíram para a realização deste trabalho,

O autor reconhecidamente agradece.

ÍNDICE

	Página
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	03
3. REVISÃO DE LITERATURA	05
3.1. Fósforo orgânico	05
3.2. Utilização da torta de filtro rotativo e da vinhaça como fertilizantes	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Material	16
4.1.1. Resíduos da agroindústria açucareira	16
4.1.2. Fosfatos	16
4.1.3. Solos	18
4.2. Métodos	18
4.2.1. Misturas	18
4.2.2. Incubação das misturas	20
4.2.3. Ensaio no laboratório	23
4.2.4. Ensaio em casa-de-vegetação	25
4.2.5. Análises químicas	26
4.2.6. Contagem da atividade do ^{32}P	29
4.2.7. Cálculo do valor "L"	29
4.2.8. Análises estatísticas	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Incubação das misturas	30
5.2. Ensaio no laboratório e características quí micas das misturas, após a incubação e seca gem ao sol	54
5.3. Ensaio em casa-de -vegetação	58

	Página
6. CONCLUSÕES	61
7. SUMMARY	63
8. LITERATURA CITADA	65
9. APÊNDICE	77

"CURRICULUM VITAE"

ANTONIO CARLOS RIBEIRO, filho de Waldomiro Cecílio Leite Ribeiro e de Maria Enedina Cruvinel Ribeiro, nasceu aos 15 de outubro de 1945, em Guaxupé-MG. Formou-se Engenheiro Agrônomo, em 1969, pela Universidade Federal de Viçosa-MG, onde, desde 1970, vem desenvolvendo atividades de magistério e pesquisa. Em 1974, recebeu o título de Mestre em Fitotecnia, na mesma Universidade, tendo completado as exigências do Curso com a Dissertação: "Adsorção de Boro pelo Solo". Estagiou, durante 1 ano e nove meses, na Secção de Química do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), enquanto cursava o Doutorado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba-SP. Atualmente, é professor-Adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

1. RESUMO

Foram incubadas misturas de torta de filtro com apatita de Araxá e/ou superfosfato simples, visando a elevar o teor de P_2O_5 para aproximadamente 4%, de forma a se ter 0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 e 2,0% de P_2O_5 solúvel em água adicionado pela forma mineral. Incluíram-se também a torta pura e a mistura de torta com apatita e vinhaça.

Em relação ao fósforo total, as quantidades de fósforo solúvel em água e em ácido cítrico 2% diminuíram durante a incubação; o solúvel em ácido sulfúrico 0,5 N não se alterou. O teor de carbono e a relação C/N diminuíram e o pH aumentou em função do tempo. Embora o teor de N tenha aumentado, a quantidade desse nutriente diminuiu, devido a perdas por volatilização de amônia. Contudo, em função dos baixos teores de N, estas perdas foram inexpressivas.

Todos os dados se ajustaram a um único modelo matemático:

$$\text{Log } Y_i = a_0 + a_1 D_{1i} + a_2 D_{2i} + a_3 X_i + a_4 T_i + \text{Log } e_i, \text{ onde:}$$

de:

Log Y é o logarítmo decimal da característica química da mistura;

X é %P₂O₅ solúvel em água adicionado na forma mineral;

T é o tempo de incubação (semanas);

D₁ e D₂ são variáveis "dummy";

a₀, a₁, a₂, a₃ e a₄ são os coeficientes de regressão;

Log e é uma variável aleatória, normalmente distribuída, com média zero e variância σ^2 .

Após a incubação e secagem ao sol, foi determinado o valor "L" para fósforo das misturas, bem como outras características químicas. Foi também determinado o valor "L" de dois tipos de solo (LR e PVls) tratados com algumas dessas misturas e com as correspondentes formas minerais.

No solo LR, os tratamentos que receberam as misturas superaram as formas minerais correspondentes, quanto ao valor "L", indicando que houve maior disponibilidade de fósforo no primeiro caso. Para o PVls, ocorreu o contrário, mostrando ser pequeno o efeito negativo da interação desse solo com as formas minerais sobre o nível de fósforo disponível.

As misturas estudadas têm consideráveis potenciais para utilização como fertilizantes.

2. INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais e subtropicais, o fósforo é, talvez, o elemento que mais frequentemente limita a produção agrícola, sendo por isso o mais fornecido como adubo. A fixação de fósforo pelo solo tem sido apontada como a principal causa desse aparente desperdício.

As perspectivas de produção e consumo mundial de adubos fosfatados, se bem que a um prazo mais longo, são semelhantes às do petróleo; no ciclo do fósforo há perdas, que se destinam aos sedimentos profundos dos mares (EPSTEIN, 1975).

Considerando o elevado custo atual dos fertilizantes, as medidas visando a diminuição de seu consumo são de grande interesse econômico, tornando a exploração agrícola mais rentável.

A utilização de matéria orgânica como carregador de adubos fosfatados, aumentando a eficiência da fertilização, foi proposta por SETZER (1974). Na agroindústria açucareira dois resíduos são disponíveis, podendo ser utilizados para este fim: a torta de filtro rotativo e a vinhaça.

A torta de filtro é uma mistura de fragmentos

de fibra de cana, sacarose, colóides coagulados, incluindo cera, albuminóides, fosfatos de cálcio, areia e solo (SAMUELS e LANDRAU Jr., 1955).

A vinhaça é um resíduo líquido (suspensão), com predominância nos seus sólidos de substâncias orgânicas e geralmente rica em potássio (GLÓRIA, 1976).

Até 15 de março de 1978, a produção de açúcar e álcool na safra 1977/78, pelo Estado de São Paulo, era de 4.098.744,24 toneladas e 1.091.035,48 m³, respectivamente (BRASIL. IAA, 1978). Considerando a relação aproximada de 320 kg torta/t açúcar e 13,0 m³ vinhaça/m³ álcool, a produção correspondente desses resíduos é estimada em 1,312 x 10⁶ t e 1,418 x 10⁷ m³, respectivamente. Aplicando 20 t de torta e 30 m³ de vinhaça por hectare, esta produção seria suficiente para 6,56 x 10⁴ ha (torta) e para 4,73 x 10⁵ ha (vinhaça). Utilizando estes resíduos em misturas com adubos químicos, estas doses podem ser bastante reduzidas, aumentando a área beneficiada.

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) o estudo do comportamento do fósforo e do nitrogênio, em misturas de torta de filtro rotativo, vinhaça, apatita de Araxá e superfosfato simples, submetidas a um processo de incubação;
- b) a avaliação do potencial dessas misturas para a utilização como fertilizantes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O fósforo é um elemento de importância fundamental para todos os seres vivos. Devido às características especiais, relacionadas com suas interações com o solo e seu aproveitamento pelas plantas, muitos cientistas têm se dedicado ao estudo desse nutriente primário. O interesse e o volume de trabalhos publicados nesse campo é colossal. Existe uma revista editada em Londres (Phosphorus in Agriculture) especializada na publicação de trabalhos científicos sobre o fósforo.

A presente revisão de literatura se concentrou em dois tópicos: fósforo orgânico e utilização de resíduos orgânicos - especialmente a torta de filtro rotativo e a vinhaça - como fertilizantes.

3.1. Fósforo orgânico

Em condições naturais, quando um eco-sistema se acha em equilíbrio, a maior parte do fósforo absorvido pelos vegetais superiores provém da decomposição de resíduos orgânicos. Quanto mais vigorosa a vegetação, maior o

nível de fósforo na camada superficial do solo (ENWEZOR, e MOORE, 1966; BRAMS, 1973).

Os primeiros cultivos após o desbravamento absorvem principalmente o fósforo proveniente da matéria orgânica e geralmente apresentam produção elevada. A correlação dessa produção com o P extraído quimicamente, pelo uso de extratores mais próprios para formas inorgânicas, é geralmente imprecisa. ACQUAYE (1963); ADEPTU e COREY (1976) e ENWEZOR (1977 a,b,c), trabalhando com solos da África, obtiveram resultados que suportam estas considerações.

O fósforo orgânico do solo é principalmente microbiano (ALLISON, 1973), constituindo-se de fosfatos de inositol (35%), ácidos nucleicos (2%) e fosfolipídeos (1%); os 62% restantes são de natureza desconhecida. FARES et alii (1974) estimam em 50% como fosfatos de inositol, 7% como ácidos nucleicos e 2% como fosfolipídeos, sugerindo as ligações do fósforo com a matéria orgânica, através de pontes catiônicas, como responsáveis pelo restante. TISDALE e NELSON (1971) avaliam em 50% do fósforo orgânico do solo o total das três formas conhecidas.

GAVRILOVA et alii (1973) dividiram os compostos orgânicos de P em três classes, de acordo com a solubilidade em diferentes solventes: I - solúveis em ácido tricloroacético 7%, representados principalmente por fosfatos de inositol; II - solúveis em uma mistura álcool-éter (P lipoidal) e III - solúveis em álcalis, incluindo os ácidos nucleicos. Nos solos estudados, encontraram predominância da classe III, com 60 e 70% do P orgânico.

Nos solos de pH mais elevado, a participação do fósforo em compostos orgânicos é relativamente maior (PINTO, 1974), sendo maior a solubilidade de tais compostos, em

relação àqueles de solos ácidos (JOHN et alii, 1965).

Nas regiões tropicais, frequentemente a fração orgânica do fósforo constitui a sua maior parte, o que dificulta prever a resposta vegetal pela extração de formas inorgânicas (ENWEZOR, 1977 a). Por outro lado, o maior benefício da matéria orgânica nos solos dos trópicos úmidos é o de manter o fósforo no estado assimilável, podendo-se reduzir a aplicação dos adubos fosfatados à terça ou quarta parte, conquanto se misture com o triplo de um resíduo orgânico, como o esterco de curral (SETZER, 1974). Nessas condições, a matéria orgânica protege o fósforo da fixação pelos sesquióxidos de ferro e alumínio do solo (SWENSON et alii, 1949; DALTON et alii, 1952; SETZER, 1974). Além disso, com a decomposição da matéria orgânica, há liberação de fósforo de sua própria constituição e formam-se CO_2 e ácidos húmicos, que reagem com o solo, tendo como resultado o aumento na disponibilidade de fósforo para as plantas (TISDALE e NELSON, 1971; ALLISON, 1973; BUCKMAN e BRADY, 1976).

O fósforo orgânico do solo é uma fonte indireta de formas solúveis (BRAY e KURTZ, 1945). Sua utilização depende da mineralização da matéria orgânica. Os microrganismos do solo desempenham papel decisivo nesta mineralização, sendo que a temperatura, a umidade, a reação do solo e o suprimento de energia são fatores de especial relevância (ENWEZOR, 1967).

A fixação biológica de fosfatos, ao contrário da inorgânica, resulta geralmente em benefício para as plantas (BAREA NAVARRO, 1969), pois o P fixado biologicamente é liberado com a morte dos microrganismos que o incorporaram. Esta liberação é lenta e se constitui num valio

so princípio para a nutrição vegetal, pois se ela fosse rápida, poderia haver fixação química, ficando o fósforo em formas muito menos disponíveis para as plantas.

Estudando a decomposição da alfafa incorporada ao solo, CHANG (1939) observou a síntese de consideráveis quantidades de fósforo orgânico, com a utilização do P adicionado. Posteriormente, houve reversão do processo (mineralização), que foi maior e mais rápida nas parcelas que receberam KH_2PO_4 . Estes resultados são concordantes com os obtidos por outros autores (DORMAAR, 1972; ENWEZOR, 1976; ISLAM e MANDAL, 1977), ainda que WIER e BLACK (1968) não tenham notado aumento na mineralização do fósforo com a adição de P inorgânico.

O comportamento do fósforo orgânico em solo sob cultivo de alfafa foi estudado por DORMAAR(1972). Grande atividade de microrganismos na primavera, promovendo a mineralização do fósforo orgânico, foi observada. Justamente nesta época, a absorção de fósforo pelas plantas era muito rápida..

Num ensaio em que restos culturais de ervilha e um capim foram misturados com solo e incubados, ENWEZOR (1976) observou que ocorreu imobilização de P, durante as três primeiras semanas. Quanto maior a relação C/P, maior a quantidade imobilizada. Ao fim de 12 semanas, já havia ocorrido a mineralização do fósforo antes imobilizado. A mineralização do fósforo não dependeu da relação C/P, diferindo do N, cuja mobilização depende da relação C/N.

Também a adição de composto ao solo causa a imobilização inicial do fósforo, havendo posterior mineralização. E o aumento do pH, ou da umidade, resulta em acréscimos na taxa de mineralização, que é maior em seus 15 dias

iniciais (ISLAM e MANDAL, 1977).

SINGH e JONES (1976) verificaram que se um material orgânico incorporado ao solo tem acima de 0,31% de fósforo, a disponibilidade aumenta e a capacidade de adsorção de P do solo diminui. O contrário ocorre, quando é menor que 0,22% o teor de fósforo no material orgânico incorporado. Naturalmente, estes limites são válidos apenas nas condições do ensaio e para o solo empregado.

Em condições de laboratório, SZEMBER (1960) isolou vários microrganismos capazes de decompor fitina e lecitina, pertencentes a várias unidades taxonômicas de bactérias e actinomicetos. Também plantas de rabanete, crescendo em condições estéreis, se mostraram capazes de decompor fitina na rizosfera.

É particularmente importante o estudo da disponibilidade de fósforo no solo sob condições dinâmicas (GAVRILOVA et alii, 1973), especialmente nos solos pobres em fósforo, onde a mineralização do fósforo orgânico pode ser importante para a nutrição das plantas. O conhecimento das condições de decomposição e síntese dos compostos orgânicos do fósforo pode ser útil no controle do nível de nutrição de P durante os cultivos. A atividade de fosfatase no solo é um índice de mineralização do fósforo. Os autores encontraram correlação entre produção de batata, teor de fósforo orgânico e atividade de fosfatase no solo. KISS et alii (1975) constataram que a fosfatase se acumula no solo e isto tem importante papel na mineralização do P orgânico. ANDERSON (1975), afirma que na rizosfera de plantas superiores há atividade de fosfatase, produzida não só por microrganismos, mas também pelas próprias raízes. A atividade de fitase foi avaliada em amostras de solos por JACKMAN e BLACK

(1952), através da incubação do solo com fitato de sódio, em condições estéreis. Houve variações dessa atividade com a umidade da amostra e com a época da amostragem. Por outro lado, segundo KISS et alii (1975), os fitatos insolúveis não são bons substratos para a fitase e por isso contribuem com a maior parte do fósforo orgânico do solo, embora os resultados obtidos por CALDWELL e BLACK (1958) mostrassem que inositol-fosfatos e outros compostos orgânicos de fósforo do solo são degradados com a mesma velocidade.

O efeito de micronutrientes, metais pesados e outros elementos na atividade de fosfatases foi estudado por JUMA e TABATABAI (1977). Hg(II), As(V), W(V) e Mo (VI) foram os que mais inibiram, enquanto que Ba, Co(II) e As (III) praticamente não alteraram a atividade das fosfatases. Os ânions NO_2^- , NO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} não inibiram a atividade de fosfatases no solo.

A fosfatagem é uma prática que vem sendo recomendada para os solos que fixam P (MALAVOLTA, 1976). A rocha fosfatada aplicada deve sofrer um processo de solubilização, para que o fósforo chegue aos sítios de fixação. Esta solubilização transitória envolve principalmente a atividade biológica, para a qual a matéria orgânica é de capital importância. RAMOS et alii (1966) consideram que os solos ácidos, deficientes em P e ricos em matéria orgânica talvez sejam os mais próprios para receberem fosfatos minerais insolúveis, visando aumentar a produção agrícola. A atividade biológica é essencial e, se o tempo não for suficiente, não há efeito solubilizante da matéria orgânica sobre fosfatos insolúveis, como mostram os resultados obtidos por GLÓRIA et alii (1976).

Muitos trabalhos são encontrados na literatu

ra, tratando do isolamento de microrganismos potencialmente capazes de solubilizar fosfatos e sua aplicação no solo (LOUW e WEBLEY, 1959; KUDZIN e YARUSHEVICH, 1961; CALLAÒ, 1965; MURDOCH et alii, 1967; RAMOS et alii, 1972), ou do aproveitamento da fauna e flora naturais do solo para esta solubilização (RAMOS et alii, 1966; GHONSIKAR e MILLER, 1973; ANDERSON, 1976; GLÓRIA e MATTIAZZO, 1976; GLÓRIA et alii, 1976; PEPPER et alii, 1976; OLIVEIRA et alii, 1977).

Tem sido demonstrado que, sob condições adversas, microrganismos do solo são capazes de sintetizar polifosfatos, como uma forma de reserva de fósforo (GHONSIKAR e MILLER, 1963; PEPPER et alii, 1976). O acúmulo de polifosfatos foi maior, quando a fonte de P adicionada era menos solúvel (PEPPER et alii, 1976). Por sua vez, JEFFREY (1968) demonstrou que esta capacidade não é específica de microrganismos, constatando a síntese de polifosfatos em Angiospermas (dentre elas, a casuarina), sob condições de "stress".

A principal dificuldade envolvida no estudo dos compostos orgânicos do fósforo se liga aos métodos analíticos. Por exemplo, o inositol fosfato pode ser parcialmente hidrolizado no tratamento com ácido, principalmente com aquecimento. Também a calcinação pode alterar a solubilidade da fração inorgânica do fósforo (HARRAP, 1963; ANDERSON, 1975). Os métodos baseados na determinação do P orgânico por diferença entre o total e o inorgânico têm dupla fonte de erro (BARROW, 1961), perdendo precisão, especialmente quando o orgânico representa pequena parte do total. Esses erros podem levar a conclusões errôneas (WIER e BLACK, 1968).

3.2. Utilização da torta de filtro rotativo e da vinhaça como fertilizantes

A torta de filtro rotativo e a vinhaça são

os dois principais resíduos orgânicos da agroindústria açucareira que oferecem potencial para utilização como fertilizantes. Especialmente no caso da torta, a composição é muito variável. BITTENCOURT (1978) atribuiu esta variabilidade principalmente aos processos de clarificação e à natureza dos clarificantes usados.

Na torta, é geralmente notável o teor de Ca (ALMEIDA, 1944 a; SAMUELS e LANDRAU Jr. , 1957; BRASIL SOBRINHO, 1958; ALEXANDER, 1971 e 1972). As presenças de N, P, K, Mg, S e micronutrientes, como Mn, Fe e B, embora com menor destaque, merecem citação (SAMUELS e LANDRAU Jr., 1957; ALEXANDER, 1972; GLÓRIA et alii, 1974 a e GOLDEN, 1975). No caso da vinhaça, a composição é também variável, mas sempre se destaca o K, pelo seu elevado teor (SAMUELS e LANDRAU Jr., 1957; GLÓRIA, 1976; RODELLA e FERRARI, 1977).

Muitos trabalhos sobre o uso da torta de filtro como fertilizante e às vezes como corretivo são encontrados na literatura, como os de RANDES (1933); LOCSIN (1930); SAMUELS e LANDRAU Jr. (1955), RAO et alii (1970); HAGIHARA (1974); PRASAD (1974); GOLDEN (1975); ROBILLARD e IGGO (1975) e PRASSAD (1976 a,b), todos referentes à aplicação na cultura da cana-de-açúcar. LUGO-LÓPEZ et alii (1954) e ACEVEDO-RAMOS et alii (1963) testaram o efeito fertilizante da torta em outras culturas, como abacaxi, fumo, milho, feijão, banana e hortaliças. No Brasil, sua aplicação tem se limitado à cultura da cana-de-açúcar (ALMEIDA, 1944 b; HUMBERT, 1975), BRASIL SOBRINHO (1958), além da cana-de-açúcar, incluiu em seus ensaios também as culturas de algodão, arroz e milho. As doses aplicadas ou recomendadas variam largamente, de 2 t.ha^{-1} (RANDES, 1933) a 268 t.ha^{-1} (PRASAD, 1974). As taxas de aplicação mais elevadas visam o efeito corretivo, sen

do a distribuição feita a lanço, com posterior incorporação. Quando o interesse maior está no efeito fertilizante, as doses são bem menores e a aplicação é feita no sulco de plantio.

Pela compostagem da torta, é obtido um adubo orgânico melhor do que a torta fresca ou parcialmente decomposta (ANÔNIMO, 1943; PRASAD, 1976 b). ROTH (1971) é de opinião contrária. A compostagem à base de torta, bagaço e cofuna resultou, após quatro meses, num excelente adubo orgânico (HUMBERT, 1975). A aplicação desse produto (1 t. ha^{-1}) promoveu um aumento de 33% na produção da cana-de-açúcar.

Aplicada diretamente ao solo, a torta se decompõe rapidamente (LUGO-LÓPEZ et alii, 1953 e 1954; ACEVEDO-RAMOS et alii, 1963), o que leva a um pequeno efeito residual (SAMUELS e LANDRAU Jr., 1955). Em contraposição, GLÓRIA et alii (1974 a) estimam o fósforo orgânico da torta em 30% do P total, salientando que esta forma deve ser de lenta liberação e, conseqüentemente, de alto aproveitamento pelas plantas. Também GOLDEN (1975) e PRASAD (1976 a) citam efeito residual da torta de filtro. E de acordo com WYATT (1968) e PRASAD (1976 b), o fósforo da torta de filtro é mais efetivo, quando comparado com o do superfosfato.

A torta de filtro tem elevada capacidade de retenção de água a baixas tensões (LUGO-LÓPEZ et alii, 1953 e 1954; PAUL, 1974) e esta propriedade contribui para aumentar a produção da cana-de-açúcar, especialmente em regime não irrigado (ROBILLARD e IGGO, 1975).

A utilização de resíduos orgânicos como carregadores de superfosfato, visando evitar a fixação do fósforo foi testada, sendo obtidos ótimos resultados (ANÔNIMO, 1968). Houve grande aumento de produção e a qualidade da

cana foi melhorada, em comparação com o controle, que recebeu apenas superfosfato. Ensaio de laboratório revelaram que 70 a 80% do fósforo do superfosfato pode ser mantido disponível, quando aplicado com matéria orgânica, contra 30 a 40%, no caso do uso normal. O problema do transporte da torta de filtro a grandes distâncias pode ser amenizado, sem se perder os benefícios mais importantes desse material, pela incorporação de fosfatos químicos, reduzindo a taxa de aplicação.

Um efeito importante da torta, que passa a ser considerável em doses mais elevadas, é o corretivo da acidez do solo (LOCSIN, 1930; PRASAD, 1974 e 1976 b). Neste caso, o fato de provocar menor alteração no balanço catiônico do solo a coloca em vantagem, comparada ao calcário.

Outros benefícios da aplicação de torta de filtro na cultura da cana-de-açúcar são citados na literatura. RANDES (1933) e ROTH (1971) salientam sua eficiência no combate a doenças das raízes da cana; ALEXANDER (1971 e 1972) faz referência à sua ação no controle de nematóides e da toxidez de alumínio; ELAHI e SARKAR (1970) propõem a mistura de torta de filtro com solo e areia, na proporção 2:2:1, como excelente meio para obtenção de "seedlings" de cana-de-açúcar.

Com respeito à vinhaça, seu uso tem se limitado à cultura da cana-de-açúcar. GLÓRIA (1976) fez uma revisão dos trabalhos conduzidos no estado de São Paulo sobre a utilização da vinhaça. Concluiu que seu uso resolve o grave problema de aspecto social e legal referente à poluição e possibilita a obtenção de lucros, pela economia na adubação, ou pela preservação da fertilidade natural dos solos. O autor recomenda a aplicação de 30 a 50 m³.ha⁻¹, de-

pendendo das condições de fertilidade do solo e da composição da vinhaça. Recomenda ainda a complementação da vinhaça do mosto residual, com 500 g de $P_2O_5 \cdot m^{-3}$. Dessa forma, aumentos de produção de no mínimo 10% podem ser esperados.

A aplicação de vinhaça em doses exageradas ' pode causar problemas nutricionais e prejudicar a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (GLÓRIA, 1976; RODELLA e FERRARI, 1977).

Como o teor de potássio na vinhaça é variável, há interesse na sua determinação, para o estabelecimento da taxa de aplicação. RODELLA e FERRARI encontraram correlação significativa ($r = 0,96$) entre o teor de potássio e o teor de cinzas condutimétricas. As cinzas são normalmente determinadas nas usinas, sendo assim possível estimar indiretamente o conteúdo de potássio da vinhaça.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Resíduos da agroindústria açucareira

Foram utilizados os dois principais resíduos orgânicos da agroindústria açucareira: a torta de filtro rotativo e a vinhaça. A torta de filtro foi colhida na Usina Santo Antônio, Piracicaba-SP e a vinhaça na Usina Cillos, Santa Bárbara d'Oeste-SP, ambas no mesmo dia. As características químicas mais importantes desses materiais são dadas na Tabela 1.

4.1.2. Fosfatos

O superfosfato simples e a Apatita de Araxá, produtos comerciais, foram empregados como fontes de fósforo. Dados referentes à composição química desses fosfatos foram incluídos na Tabela 1.

TABELA 1 - Características químicas da torta de filtro, da vinhaça, do superfosfato simples e da apatita de Araxá. a/

Material	% P		% N	% K	% Ca	% Mg	% S	pH b/
	Sol. H ₂ O	Sol. Ac. Cítrico						
		Total						
Torta de filtro	-	0,48	0,70	0,25	3,50	0,20	0,13	5,55
Vinhaça	-	0,004	-	0,63	-	-	0,04	4,31
Superfosfato simples	3,73	9,62	10,75	-	22,12	0,11	3,24	-
Apatita de Araxá	0,01	1,96	10,93	-	23,88	0,05	0,00	-

a/ O traço (-) significa que não foi feita a determinação.

b/ O pH da torta foi medido em água (suspensão 1+25); o pH da vinhaça foi medido sem nenhum tratamento.

4.1.3. Solos

Amostras de dois solos, um Latossolo Roxo(LR) e um Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras (PVls), foram usadas no ensaio em casa-de-vegetação. A amostra do LR foi coletada na Estação Experimental da COPERSUCAR de Piracicaba-SP. A do PVls, no Distrito de Tupi, Piracicaba-SP. Em ambos os casos, a cana-de-açúcar cultivada havia sido colhida e o solo estava sendo preparado para novo plantio. Foi feita a amostragem da camada 0-20cm de profundidade. Estas amostras foram secas ao sol e passadas por uma peneira de 5 mm de abertura de malha.

Suas características físicas e químicas mais importantes são apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

4.2. Métodos

4.2.1. Misturas

A torta de filtro continha em torno de 80% de umidade. Dela foram separados aproximadamente 750 kg de cada vez, correspondendo a 150 kg de torta seca. Foram adicionadas quantidades de apatita de Araxá e de superfosfato simples, visando a elevar o teor de P_2O_5 total para aproximadamente 4%, de forma a se ter 0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 e 2,0% de P_2O_5 solúvel em água, adicionado pelas fontes minerais. Foi feita também uma mistura constituída de torta, apatita e vinhaça, esta última adicionada à base de 400 litros por 150 kg de torta seca. Também a torta, sem qualquer tratamento, foi incluída. As misturas, uma de cada vez, foram feitas por trabalhadores braçais, com o auxílio de enxa

Tabela 2 - Características físicas dos solos utilizados no ensaio em casa-de-vegetação.

Solo	Densid.		Equiv. Umid. (%)	Textura			Classificação	
	Real (g/cm ³)			%A.G.	%A.F.	% Silte Argila		Textural a/
Latossolo Roxo (LR)	2,60		20,85	12	65	14	49	Argila
Podzólico Vermelho-Amarelo, Variação Laras(PVls)	2,61		13,04	16	25	16	3	Areia-Franca

a/ Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Tabela 3 - Características químicas dos solos utilizados no ensaio em casa-de-vegetação.

Solo	PH(1+2,5)		% C	Al ⁺³	Ca ⁺²		Mg ⁺²	P	K ⁺	% P	% N	Óx. Livres
	H ₂ O	KCl 1 N			e. mg/100cm ³	a/ ppm						
Latossolo Roxo (LR)	4,6	3,8	0,70	1,15	1,5	0,5	17	50	0,026	0,119	7,95	0,72
Podzólico Vermelho-Amarelo, Variação Laras(PVls)	6,7	6,2	1,73	-	3,6	2,0	5	38	0,007	0,042	0,76	0,56

a/ Extraídos com KCl 1 N

b/ Extraídos com H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N.

das e pás. Na Tabela 4 são dados os símbolos de identificação usados e a constituição das misturas.

4.2.2. Incubação das misturas

As misturas foram colocadas sobre lençóis de plástico, dentro de armações feitas com caibros e estacas de madeira, no interior de um barracão de plástico (Fig. 1). A posição de cada uma foi definida por sorteio.

O tempo gasto na montagem deste ensaio foi de dois dias.

Devido à intensa atividade biológica no meio, houve muita perda de água, a qual foi adicionada periodicamente. Aos 23, 33 e 43 dias de incubação foram adicionados, aproximadamente, 150 litros de água a cada mistura. Aos 50 dias e daí em diante, a cada 7 dias, até o final da incubação, a quantidade de água adicionada foi de 20 litros.

Amostras para análises químicas foram retiradas de 3 em 3 semanas. Devido a problemas técnicos, só foi possível fazer a primeira amostragem 4 dias após a montagem do ensaio. Cada mistura foi amostrada em três pontos (a 60 cm de cada extremidade e na parte mediana), sendo cada amostra considerada como uma repetição. Um tubo de PVC de 40mm foi utilizado como amostrador, introduzido em posição vertical no ponto de amostragem. O material retido em seu interior era transferido para dentro de um saco plástico, com auxílio de um pedaço de bambu. No laboratório, as amostras eram transferidas para sacos de papel e colocadas em estufa para secagem, a 65°C, após o que eram passadas por moinho Wiley, com peneira número 20.

Aos 105 dias de incubação (15 semanas) foi

Tabela 4 - Símbolos empregados na identificação e constituição das misturas de torta de filtro, vinhaça, apatita de Araxá e superfosfato simples.

Símbolos	% P_2O_5 sol. H_2O adicionado a/	kg/150kg torta seca		Vinhaça (1/150 kg tor- ta seca)	P_2O_5 total determinado (%)
		Superfosf.	Apatita		
X_{00}	0,0	0	0	0	1,00
X_{0V}	0,0	0	36	400	4,58
X_0	0,0	0	36	0	4,26
X_5	0,5	9	27	0	4,49
X_{10}	1,0	18	18	0	3,69
X_{15}	1,5	27	9	0	4,56
X_{20}	2,0	36	0	0	4,33

a/ O fósforo da vinhaça foi negligenciado.

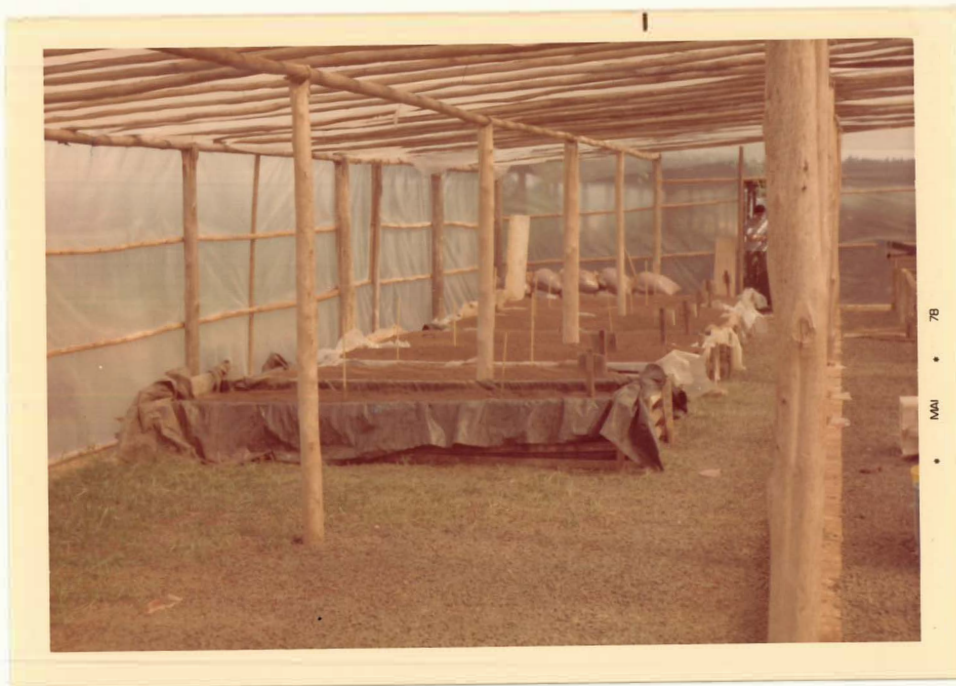


Fig. 1 - Aspecto geral da incubação das misturas de torta de filtro com superfosfato simples, apatita de Araxá e vinhaça.

feita 6ª e última amostragem para análises químicas. No mesmo dia, foram retiradas quantidades maiores e obtida uma amostra composta para cada mistura, rendendo aproximadamente 12 kg, após secagem ao sol. Tais amostras foram utilizadas em ensaios posteriores.

4.2.3. Ensaio no laboratório

Visando a determinação do fósforo isotopicamente trocável (valor "L") das misturas, após a incubação e secagem ao sol, foi adaptada a técnica descrita por MERZARI et alii (1962), proposta para a determinação do valor "L" em solos, utilizando Azotobacter em cultivo espontâneo. Desta forma, 5 gramas do material em estudo foram misturados com 20 gramas de areia e colocados em uma placa de Petri de 10 cm de diâmetro. Foram adicionados 5 ml de uma solução de $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$ com a atividade específica de $0,3 \mu\text{Ci.ml}^{-1}$. Juntou-se água destilada aos poucos, usando um bastão de vidro para promover a incorporação, até se conseguir uma pasta bem úmida. Decorridas 24 horas, foi colocado sob a tampa da placa um papel de filtro umedecido. Mais 24 horas depois, foi colocado sobre o material um papel de filtro SS 589², e sobre ele um outro, SS 589³, de diâmetro um pouco menor. O papel da tampa foi novamente umedecido e sobre ele foram adicionadas 5 gotas de álcool etílico. O conjunto foi então colocado numa câmara, a 30°C, por 48 horas, ao fim das quais o disco de papel menor foi retirado, colocado num tubo digestor TECHNICON e submetido à digestão nítrico-perclórica, visando a determinação de fósforo e da atividade do ^{32}P .

O aspecto de algumas placas, após a incubação a 30°C, é mostrado na Fig. 2.

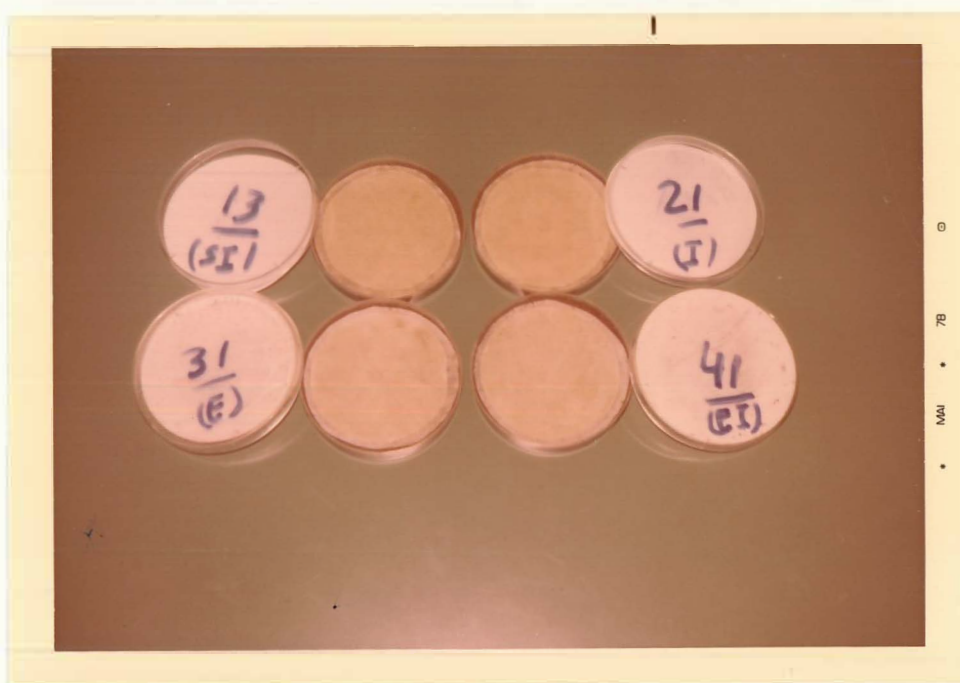


Fig. 2 - Algumas placas usadas na determinação de valor "L" com microrganismos em cultivo espontâneo, após a incubação a 30°C.

4.2.4. Ensaio em casa-de-vegetação

Em função do espaço disponível na casa-de-vegetação e dos resultados obtidos pelas análises químicas dos materiais incubados, foram selecionadas para este ensaio as misturas X_0 , X_{10} e X_{20} (apatita-torta, apatita-super-torta e super-torta). Foram usadas quantidades correspondentes a 200 mg P total por vaso com 2 litros de solo. Três outros tratamentos foram incluídos, constando da adição da mesma quantidade total de P (200mg/vaso), nas respectivas formas minerais: apatita, apatita-superfosfato(1:1) e superfosfato. Além disso, foi incluída a testemunha que não recebeu adubo fosfatado.

A quantidade de N e K aplicada foi mantida constante (220 mg de uréia e 500 mg de cloreto de potássio por vaso).

Foram usados vasos de plástico opaco, de cor marrom, de 2 litros de capacidade, sem drenagem.

Cada vaso recebeu 10 μCi de ^{32}P , tendo 100 mg de ^{31}P como carregador (ambos na forma KH_2PO_4).

A solução radioativa foi misturada com areia fina lavada, em pratos de alumínio, sendo o conjunto posto para secar em estufa, a 70°C .

Esses constituintes foram incorporados ao solo, sendo usados sacos plásticos de 50 kg de capacidade.

Cada vaso recebeu uma quantidade de água suficiente para atingir 75% do poder de embebição do solo, previamente determinado.

Foram plantadas 30 sementes de painço (Setaria italica, Beauv) por vaso. Cinco dias após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste, deixando-se 20 plantas em

cada vaso.

Uma vista parcial do ensaio, obtida quando as plantas tinham 19 dias de idade, é mostrada na Fig. 3.

Duas ou três vezes ao dia, conforme a necessidade, era feita a irrigação, usando água destilada.

Dois solos (LR e PV1s) foram usados nesse ensaio, que foi montado em cinco repetições, no delineamento inteiramente casualizado.

As plantas foram colhidas aos 30 dias de idade, sendo cortadas a um cm acima do nível do solo, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa, a 65°C. Após a secagem foi determinado o peso seco e efetuada a moagem em moinho Willey, com peneira 20. O material moído foi acondicionado em sacos de plástico.

4.2.5. Análises químicas

As amostras das misturas coletadas durante o período de incubação foram analisadas quanto ao P solúvel em água, em ácido cítrico 2%, em ácido sulfúrico 0,5N, P total, N total, carbono orgânico e pH.

Para as análises de P, foi sempre pesado um grama do material, transferido para um frasco Erlenmeyer de 125 ml e adicionados 100 ml do extrator (água, ácido cítrico 2% ou ácido sulfúrico 0,5 N). Em seguida o frasco foi arrolhado e feita a agitação por 30 minutos, em agitador horizontal, após o que se procedeu a filtração. Quando o filtrado era turvo ou de cor intensa (amarelo ou amarronzado), adicionava-se carvão ativado isento de P, sendo feita nova filtração.

O P total foi obtido do mesmo modo, com ácido sulfúrico 0,5 N, tendo como única diferença a calcina-

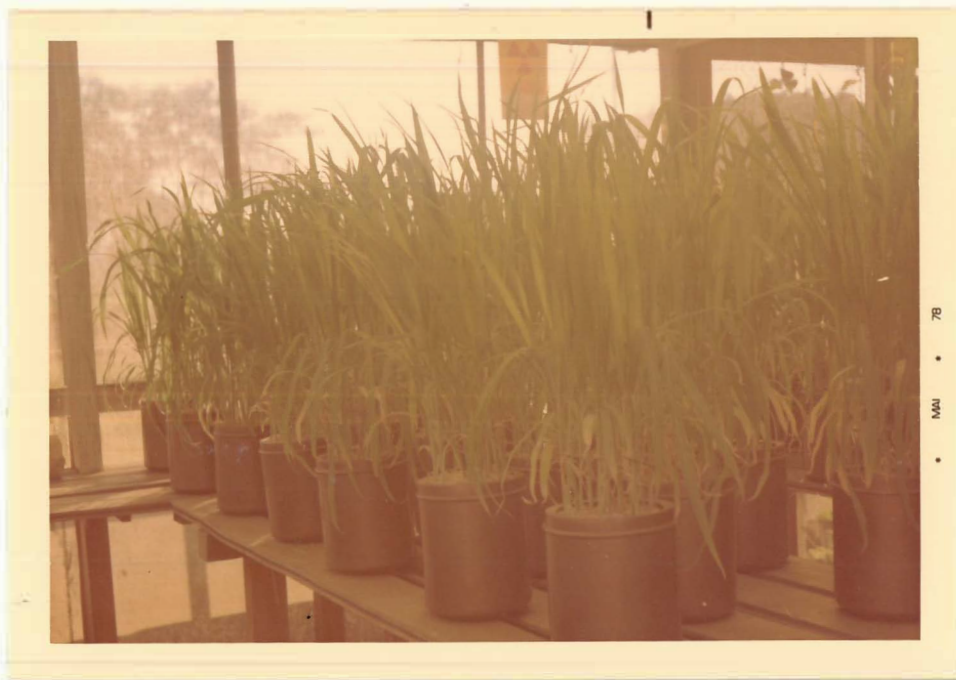


Fig. 3 - Vista parcial do ensaio em casa-de-vegetação, obtida aos 19 dias após a emergência das plântulas.

ção do material, a 500°C, por 2 horas, antes da adição do ácido.

No caso da última amostragem, foi também determinado o P solúvel em H_2SO_4 0,05 N, em condições de extração semelhantes aos outros casos.

Para as contagens da atividade do ^{32}P no papel contendo os microrganismos e no painço, e para determinação do P total no papel, foi feita a digestão nítrico-perclórica. Foram pesadas 0,500 g do painço e, no outro caso, todo o papel de filtro foi utilizado.

Em todos os casos citados, o fósforo foi determinado colorimetricamente, pelo método do azul de molibdênio.

O nitrogênio total nas misturas foi determinado pelo processo semi-micro-Kjeldahl e, no painço, simultaneamente com o fósforo, num conjunto TECHNICON AUTO-ANALYSER II, após a digestão com $H_2SO_4 - H_2O_2$. Neste caso, ambos foram quantificados colorimetricamente; o nitrogênio, pela reação com fenato-hipoclorito de sódio e o fósforo, pela reação com molibdato-vanadato de amônio (JORENSEN, 1977).

A determinação de carbono orgânico foi feita pela oxidação com bicromato de potássio, em meio fortemente ácido e posterior titulação do oxidante em excesso com sulfato ferroso (GLÓRIA et alii, 1974 b).

O pH das misturas foi determinado em suspensão aquosa (1+25), potenciometricamente.

As dosagens de potássio, cálcio, magnésio e enxofre, foram feitas no extrato nítrico-perclórico; o potássio por emissão, o cálcio e o magnésio por absorção atômica e o enxofre por turbidimetria, com $BaCl_2$.

4.2.6 Contagens da atividade do ^{32}P

As contagens da atividade do ^{32}P foram sempre realizadas no extrato nítrico-perclórico, num contador de cintilação líquida, através do efeito Cerenkov.

4.2.7. Cálculo do valor "L"

O valor "L" foi determinado utilizando-se microorganismos e painço (Setaria italica, Beauv). Em ambos os casos, foi utilizada a fórmula (MERZARI et alii, 1962):

$$L = \frac{Y_f \cdot X_p}{Y_p} - X_f, \text{ onde:}$$

Y_p é o conteúdo de ^{32}P do microrganismo, ou do painço;

X_p é o conteúdo de ^{31}P do microrganismo, ou do painço;

Y_f é o ^{32}P adicionado por placa, ou por vaso;

X_f é o ^{31}P adicionado como carregador do ^{32}P , por placa, ou por vaso.

4.2.8. Análises estatísticas

As análises de variância, de regressão e correlação foram feitas no computador do Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Viçosa (IBM SYSTEM/360-MOD. 40).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Incubação das misturas

As diferentes misturas apresentaram os teores de fósforo solúvel em água (Tabela 5) variando semelhantemente em função do tempo, decrescendo desde o início até o final do período de incubação. A Fig. 4 mostra este comportamento de maneira mais clara. Nesta figura, bem como nas seguintes, as misturas que não diferiram, ou pouco diferiram entre si ao longo do tempo, pelo teste de Tukey, ao nível 5% de probabilidade, são representadas por uma curva média.

Durante o período de incubação, o teor de fósforo solúvel em água decresceu rapidamente. A combinação do fósforo com compostos orgânicos (FARES et alii, 1974) e a pronta utilização do P solúvel em água pelos microrganismos possivelmente ocorreram, explicando este comportamento. Em termos relativos, este decréscimo é muito mais sensível naquelas misturas que continham um teor inicial de fósforo solúvel em água menor (X_{00} , X_{0V} , X_0 e X_5), atingindo valores mínimos e praticamente constantes, a partir da nona semana de incubação. Nos outros casos, especialmente para

Tabela 5 - Teor de fósforo (% P_2O_5) solúvel em água, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X_{00}	0,29	0,27	0,14	0,07	0,04	0,05	0,14
X_{0V}	0,19	0,39	0,04	0,05	0,04	0,04	0,13
X_0	0,30	0,25	0,06	0,06	0,03	0,03	0,12
X_5	0,47	0,41	0,18	0,08	0,06	0,07	0,21
X_{10}	1,00	0,80	0,53	0,29	0,20	0,30	0,52
X_{15}	1,05	0,89	0,60	0,37	0,22	0,20	0,56
X_{20}	1,97	1,52	0,99	0,77	0,55	0,49	1,05
Média	0,75	0,65	0,36	0,24	0,16	0,17	0,39

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo:0,19.

D.M.S. para tempo dentro de mistura:0,18.

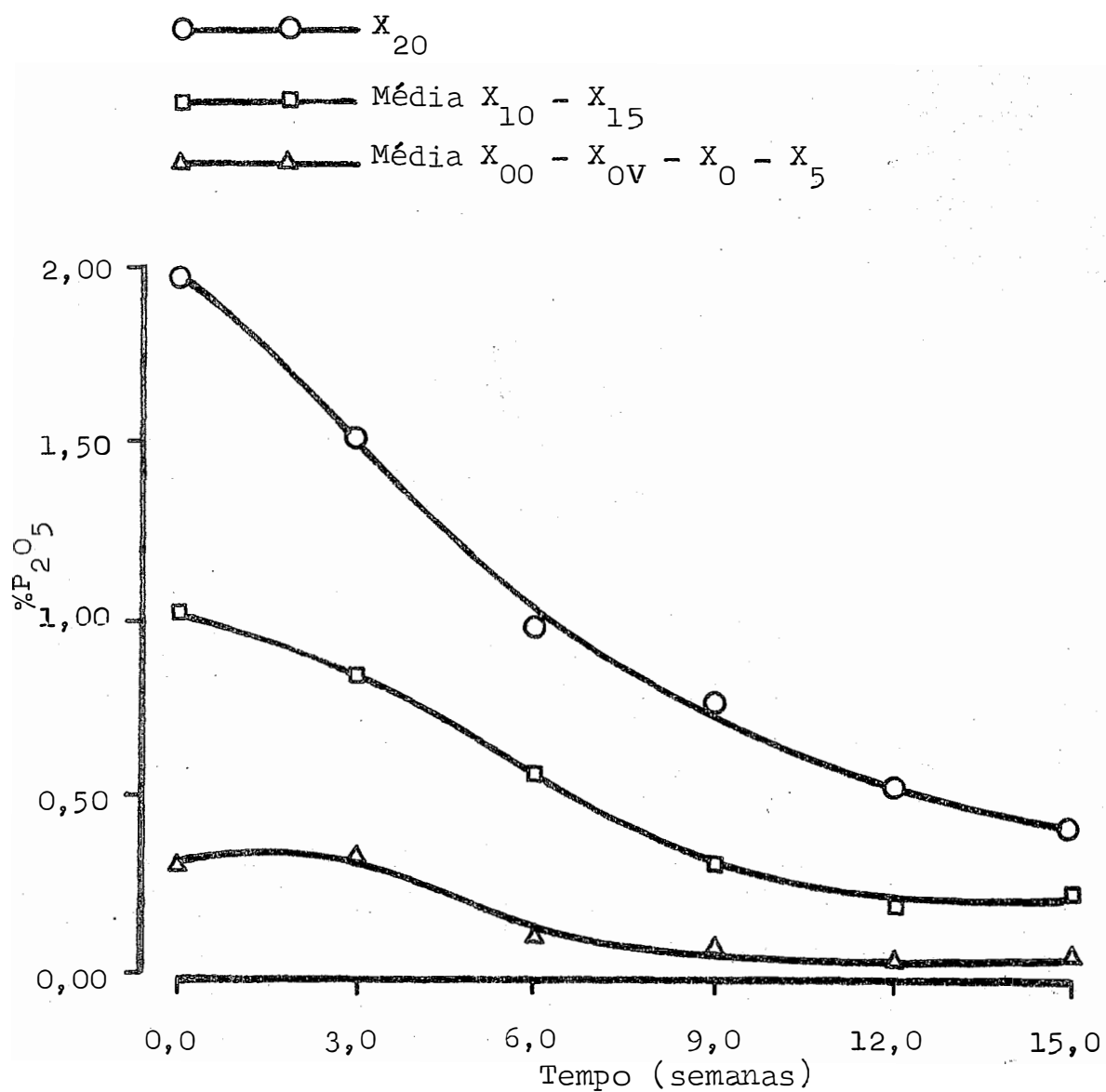


Fig. 4 - Teor de fósforo (%P₂O₅) solúvel em água nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

X₂₀, embora haja uma tendência à estabilização, nas condições do ensaio, isto não chegou a acontecer.

O fósforo solúvel em ácido cítrico 2% (Tabela 6) aumentou em função do tempo, em todas as misturas, tendendo a se estabilizar, exceto na mistura X₅. Nesta, houve uma diminuição a partir da nona semana, fugindo ao comportamento normal, conforme mostra a Fig. 5. Com os dados disponíveis, não foi possível explicar esta anormalidade.

O fósforo solúvel em ácido cítrico obviamente inclui o solúvel em água e este diminuiu sensivelmente durante o período de incubação. Entretanto, a maior parte desse fósforo continua solúvel em meio ácido. Devido à oxidação biológica da matéria orgânica, há um efeito de concentração e, conseqüentemente, o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico aumenta, desde o início até o final da incubação, tendendo a atingir um valor máximo.

Os teores de fósforo solúvel em ácido sulfúrico, 0,5 N (Tabela 7) e fósforo total (Tabela 8) tiveram um comportamento muito semelhante entre si, quanto à variação em função do tempo, como se pode observar mais facilmente pela Fig. 6. Isto ocorreu porque o H₂SO₄ extraiu quase sempre mais de 90% do fósforo total. Este resultado é perfeitamente admissível, uma vez que o fósforo inorgânico na torta de filtro, na apatita e no superfosfato simples está principalmente na forma de fosfatos de cálcio. E o ácido sulfúrico é um extrator adequado para fósforo ligado a cálcio (CHANG e JACKSON, 1957).

A mesma explicação dada para o aumento dos teores de fósforo solúvel em ácido cítrico em função do tempo é válida para o fósforo solúvel em ácido sulfúrico e para o fósforo total.

Tabela 6 - Teor de fósforo (% P_2O_5) solúvel em ácido cítrico 2%, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X_{00}	0,83	0,97	1,21	1,38	1,51	1,47	1,23
X_{0V}	2,41	2,35	3,00	3,08	3,29	3,04	2,86
X_0	2,20	2,46	2,84	3,19	3,17	3,14	2,83
X_5	2,70	2,88	4,12	3,71	3,73	3,59	3,46
X_{10}	3,02	3,38	4,04	4,50	4,43	4,91	4,05
X_{15}	3,42	3,54	4,37	4,89	4,96	4,93	4,35
X_{20}	4,13	5,09	5,67	6,69	6,54	7,01	5,86
Média	2,67	2,95	3,61	3,92	3,95	4,01	3,52

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 0,44.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 0,43.

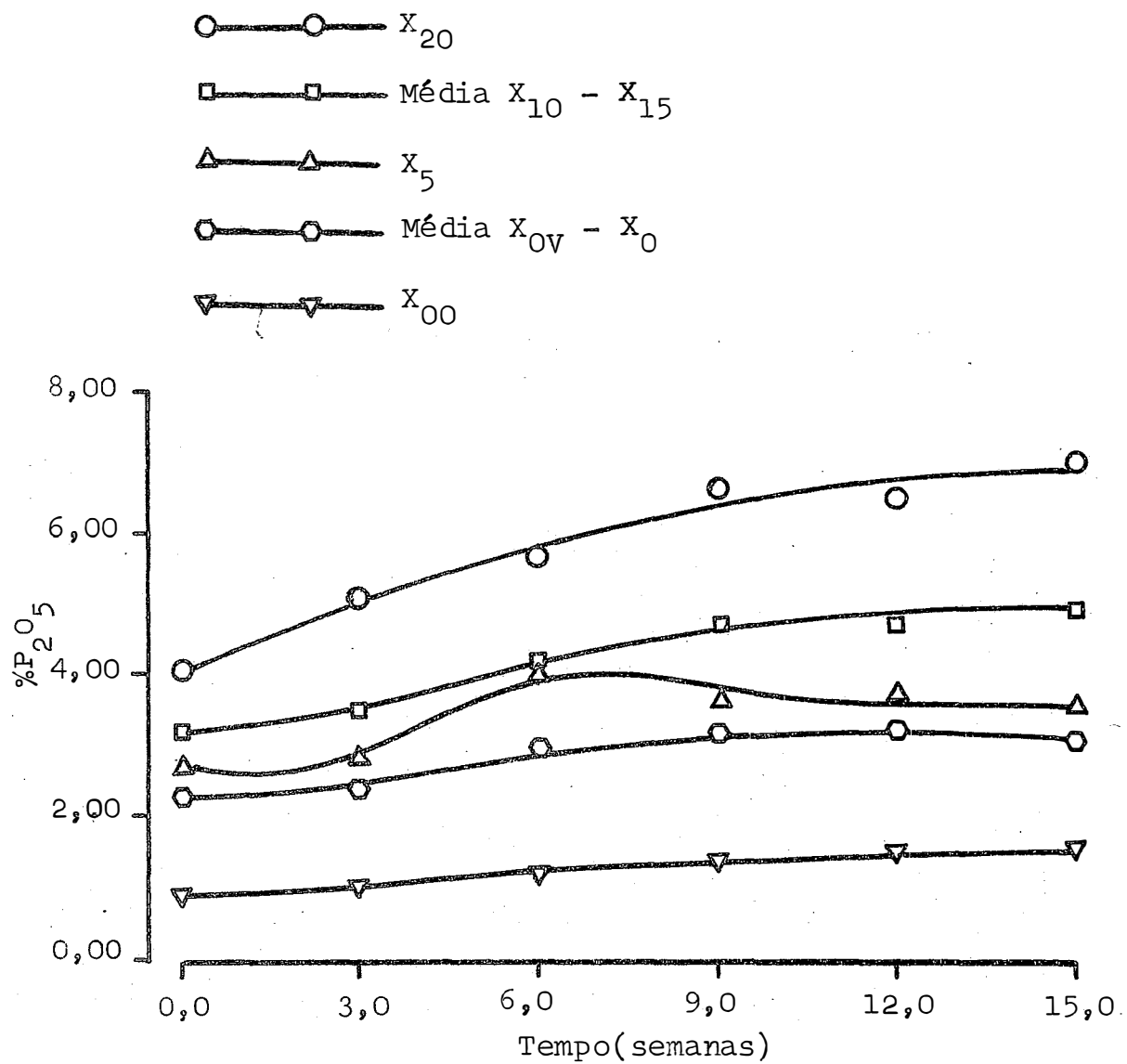


Fig. 5 - Teor de fósforo ($\%P_{25}$) solúvel em ácido cítrico 2% nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

Tabela 7 - Teor de fósforo (% P_2O_5) solúvel em ácido sulfúrico 0,5 N, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X_{00}	0,83	1,02	1,22	1,46	1,58	1,54	1,28
X_{0V}	4,70	4,58	5,92	6,41	7,24	6,87	5,95
X_0	3,85	4,49	5,86	6,18	6,73	7,02	5,69
X_5	3,83	4,47	5,87	6,36	6,39	6,54	5,58
X_{10}	3,69	4,23	5,51	5,60	5,70	6,46	5,20
X_{15}	4,41	4,84	5,74	6,80	6,93	7,18	5,98
X_{20}	4,26	5,48	6,24	6,70	6,74	7,49	6,15
Média	3,65	4,16	5,19	5,64	5,90	6,16	5,12

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 0,72.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 0,70.

Tabela 8 - Teor de fósforo (% P_2O_5) total, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Misturas	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X_{00}	1,01	1,25	1,45	1,70	1,80	1,83	1,51
X_{0V}	4,65	5,07	6,45	7,25	7,77	8,27	6,58
X_0	4,26	4,84	6,37	7,22	7,19	7,80	6,28
X_5	4,49	4,81	6,19	6,66	6,94	7,07	6,03
X_{10}	3,71	4,43	5,24	5,87	5,97	6,93	5,36
X_{15}	4,57	5,17	6,17	7,17	7,27	7,64	6,33
X_{20}	4,32	5,52	6,29	7,01	7,04	7,95	6,36
Média	3,86	4,44	5,45	6,13	6,28	6,78	5,49

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 0,71.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 0,69.

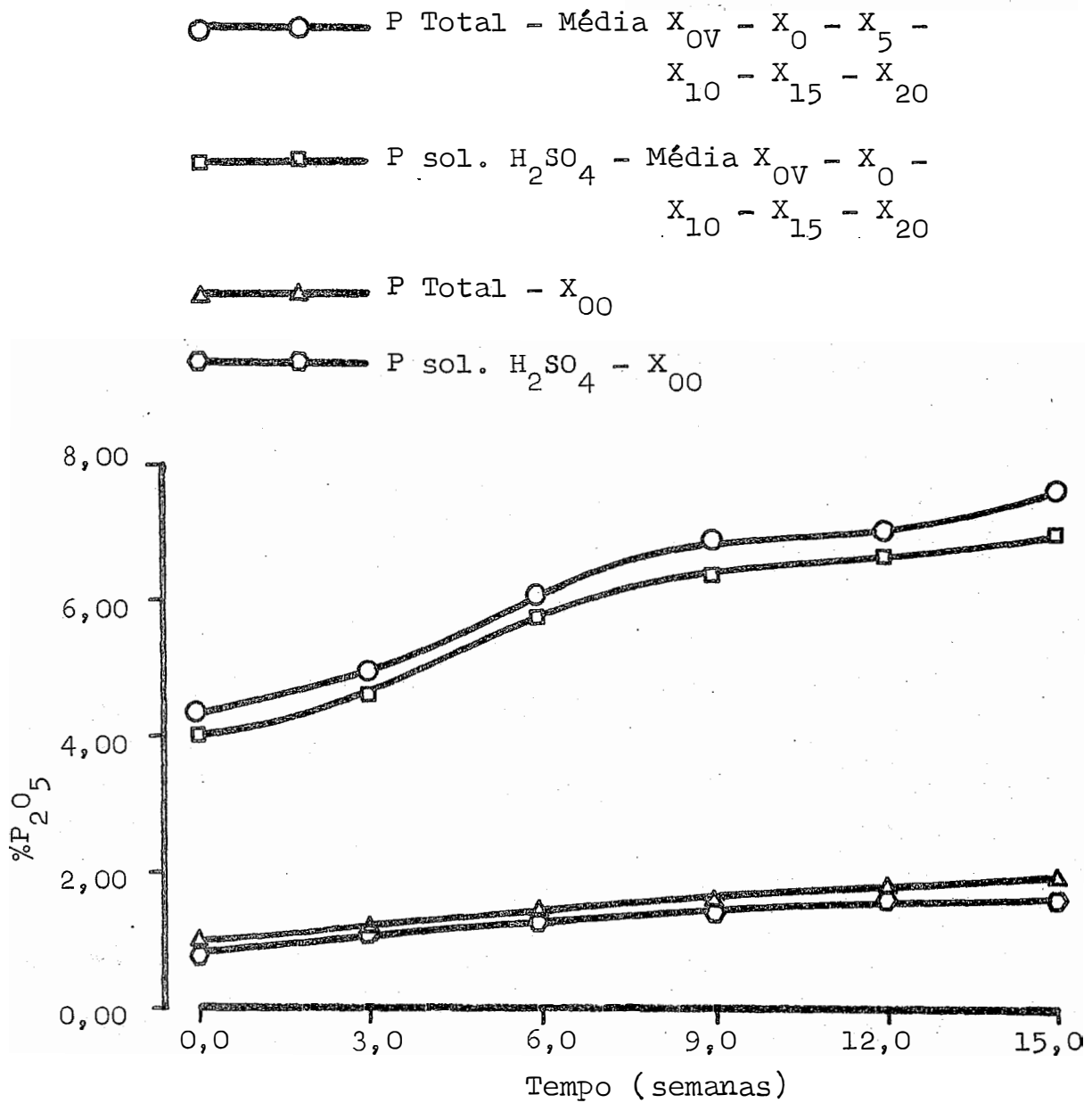


Fig. 6 - Teor de fósforo ($\%P_2O_5$) solúvel em ácido sulfúrico 0,5N total nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

O teor de nitrogênio total aumentou durante o período de incubação em todas as misturas, como se observa na Tabela 9 e na Fig. 7, sendo este aumento também devido à oxidação biológica da matéria orgânica. Os teores sempre mais elevados na mistura X_{OV} , são devidos à contribuição do N da vinhaça, além da maior atividade biológica que ocorreu nesta mistura. O grupo formado pelas misturas X_{10} , X_{15} e X_{20} se destacou do grupo restante (X_{00} , X_0 e X_5). É possível que o maior conteúdo de superfosfato nas misturas do primeiro grupo tenha promovido menores índices pH e, ao mesmo tempo, maior utilização do nitrogênio, resultando em menor perda desse nutriente.

A oxidação biológica da matéria orgânica se evidencia pela diminuição do teor de carbono orgânico em todas as misturas, em função do tempo (Tabela 10 e Fig. 8). Esta oxidação é mais acentuada na mistura X_{OV} , especialmente nas 3 primeiras semanas. Isto destaca o poder estimulante da atividade de microrganismos característico da vinhaça, observado com a sua aplicação no solo por CAMARGO (1954). Não é expressivo o efeito diluente da matéria mineral da vinhaça sobre o teor de carbono orgânico. O teor de constituintes minerais na vinhaça é geralmente inferior a 2%, enquanto que o de matéria orgânica, não raro, é superior a 6% (GLÓRIA, 1976), mascarando, portanto, o aludido efeito.

Nas misturas que receberam fosfatos, os teores de carbono são sempre menores do que em X_{00} (apenas torta de filtro), devido ao efeito da diluição pela adição de apatita e/ou superfosfato.

A variação da relação C/N das misturas, em função do tempo de incubação (Tabela 11), está representada graficamente na Fig. 9. Com a perda de carbono por oxidação

Tabela 9 - Teor de nitrogênio (% N) total, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições).^{a/}

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X ₀₀	0,72	0,85	1,05	1,18	0,89	1,47	1,03
X _{0V}	1,17	1,34	1,39	1,43	1,71	1,69	1,46
X ₀	0,76	0,88	1,04	1,09	1,32	1,25	1,06
X ₅	0,82	0,91	1,04	1,08	0,89	1,34	1,01
X ₁₀	0,94	0,95	1,15	1,24	1,24	1,50	1,17
X ₁₅	0,82	0,92	1,09	1,15	1,11	1,46	1,09
X ₂₀	0,84	0,96	1,12	1,22	1,31	1,51	1,16
Média	0,87	0,97	1,13	1,20	1,21	1,46	1,14

^{a/} Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura: 0,14.

D.M.S. para tempo : 0,13.

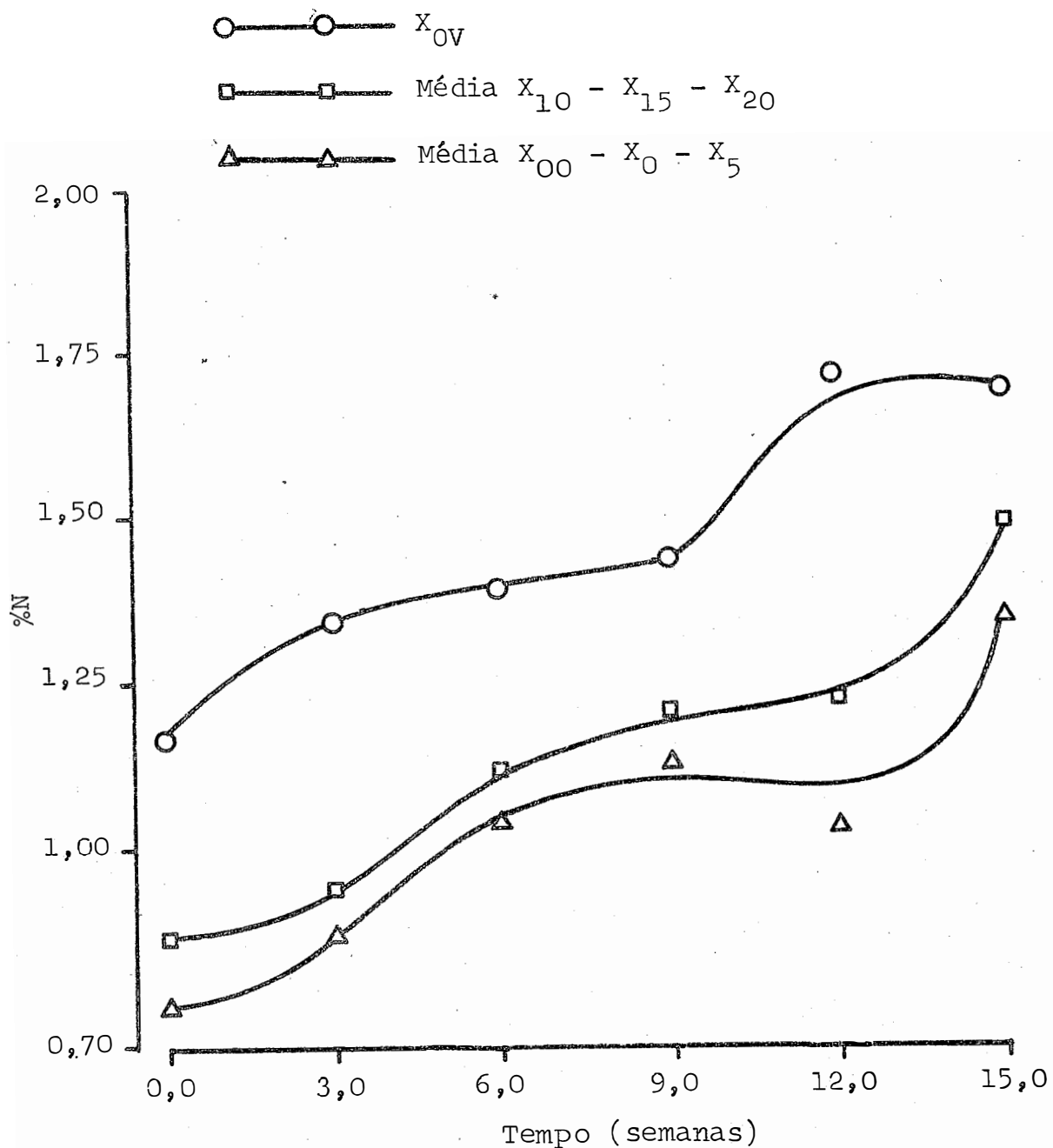


Fig. 7 - Teor de nitrogênio total (% N) nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

Tabela 10 - Teor de carbono orgânico, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X ₀₀	29,3	27,5	26,1	25,9	25,2	24,0	26,3
X _{0V}	23,9	20,6	19,9	18,5	16,6	15,0	19,1
X ₀	24,8	22,6	22,0	20,3	19,7	16,7	21,0
X ₅	25,6	22,5	21,6	20,9	20,7	18,2	21,6
X ₁₀	25,1	22,7	21,4	21,2	19,3	16,9	21,2
X ₁₅	24,9	23,6	22,0	21,8	20,9	18,0	21,9
X ₂₀	26,1	23,3	22,4	21,6	21,0	18,5	22,2
Média	25,7	23,3	22,2	21,5	20,6	18,2	21,9

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 1,5.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 1,4.

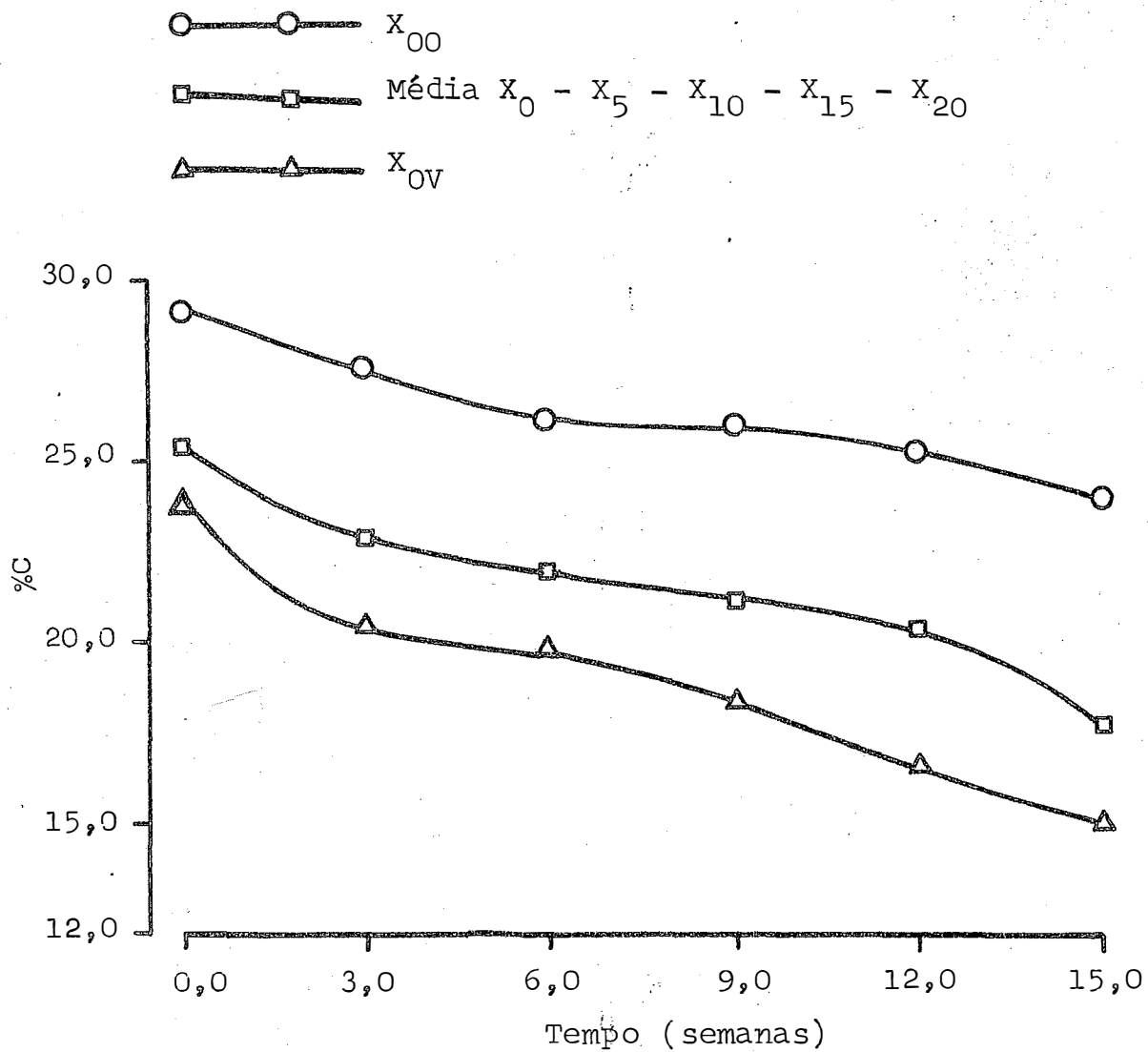


Fig. 8 - Teor de carbono orgânico (% C) nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

Tabela 11 - Relação C/N, em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X ₀₀	41,0	32,5	24,8	21,9	28,4	16,4	27,5
X _{0V}	20,5	15,4	14,3	13,0	9,7	8,9	13,6
X ₀	32,5	25,6	20,7	18,7	14,9	13,4	21,0
X ₅	31,3	24,7	20,8	19,3	23,4	13,6	22,2
X ₁₀	27,2	23,9	18,6	17,1	16,3	12,3	19,2
X ₁₅	30,2	25,6	21,4	19,0	19,0	12,3	21,3
X ₂₀	31,2	24,3	20,1	17,7	16,8	12,3	20,4
Média	30,6	24,5	20,1	18,1	18,4	12,7	20,7

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 3,6.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 3,5.

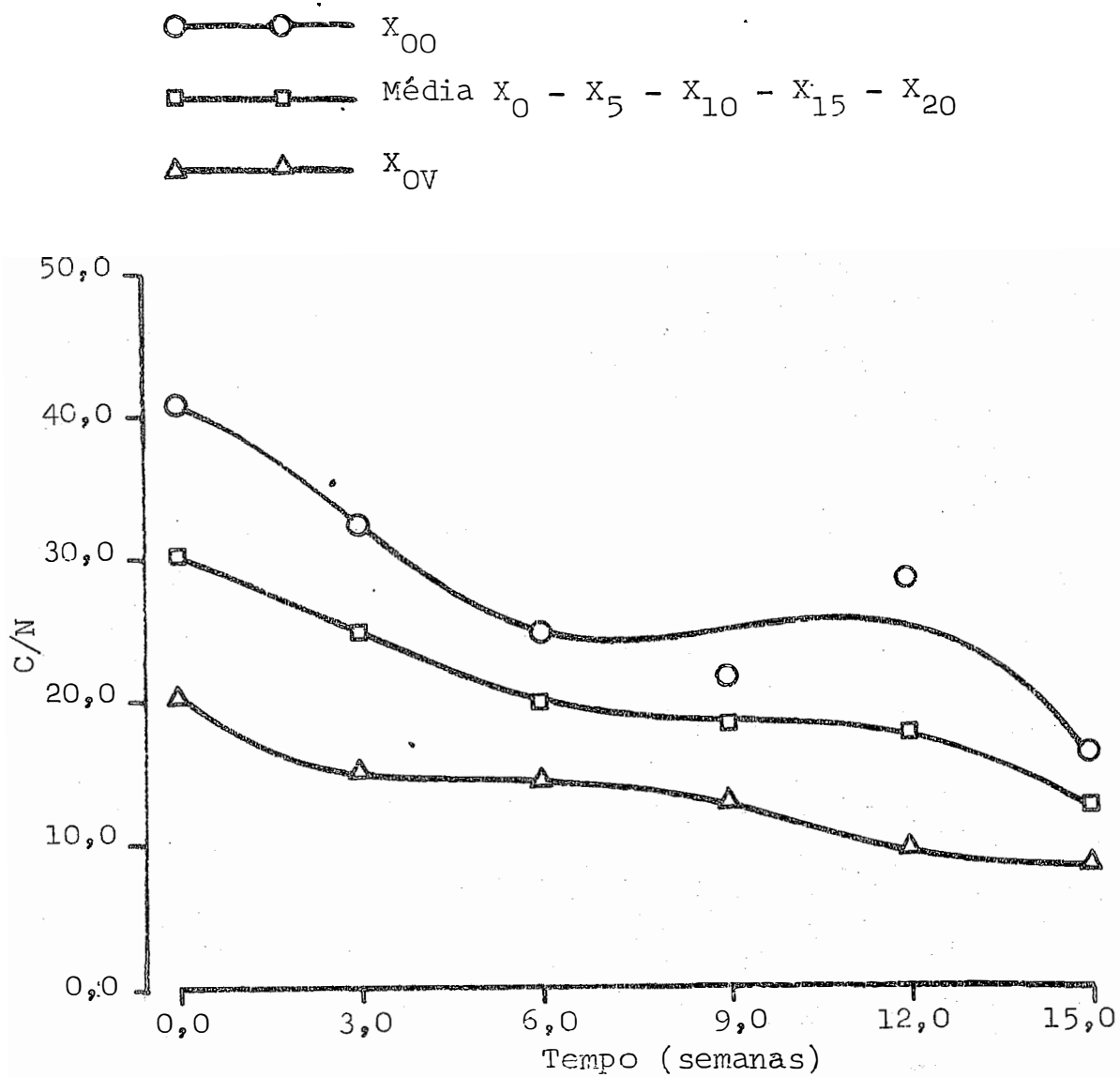


Fig. 9 - Relação C/N nas misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

biológica da matéria orgânica, a relação C/N diminuiu durante o período de incubação, em todas as misturas. A mistura X_{0V} é a que apresenta as menores relações C/N, motivadas pela adição de vinhaça, que aumentou o teor de N e estimulou a perda de C pela atividade biológica. As relações C/N mais elevadas, durante todo o período de incubação, foram verificadas para X_{00} , possivelmente motivadas por uma atividade biológica menos intensa neste caso.

As misturas que receberam fosfatos, à exceção de X_{0V} , apresentaram praticamente as mesmas relações C/N ao longo do tempo, sendo estas sempre menores do que em X_{00} (Fig. 9). O efeito diluente desses fosfatos se deu igualmente sobre o carbono e o nitrogênio. Isto sugere que talvez algum fator tenha agido estimulando a atividade biológica, fator este atribuído à apatita e ao superfosfato, em igual intensidade. Este fator pode ser a melhoria de condições físicas do meio, o fornecimento do fósforo (neste caso, estaria havendo utilização de P da apatita pelos microrganismos), ou a combinação desses dois fatores.

O potencial hidrogeniônico (pH) das misturas aumentou durante o processo de incubação, em todos os casos (Tabela 12 e Fig. 10). Este aumento decorre da atividade biológica, devido à oxidação de substâncias orgânicas de caráter ácido, responsáveis pelos menores valores pH no início. As misturas X_{10} , X_{15} e X_{20} apresentaram pH sempre menor, em comparação com as demais, o que se explica pelo ácido sulfúrico residual contido no superfosfato simples.

De modo geral, cada uma dessas característi-
cas químicas apresentadas mostrou nas diferentes misturas um comportamento semelhante, em função do tempo. E considerando o teor de fósforo solúvel em água adicionado pelas

Tabela 12 - Potencial hidrogeniônico (pH), em função da mistura e do tempo de incubação (médias de três repetições). a/

Mistura	Tempo (semanas)						Média
	0	3	6	9	12	15	
X ₀₀	5,42	5,88	6,36	7,43	7,55	7,47	6,69
X _{0V}	5,32	6,34	7,38	7,33	7,17	7,39	6,82
X ₀	5,38	5,98	7,29	7,63	7,48	7,75	6,92
X ₅	5,61	5,79	6,83	7,35	7,45	7,71	6,79
X ₁₀	5,43	5,85	6,22	6,50	6,84	6,90	6,29
X ₁₅	5,30	5,41	6,07	6,47	6,97	7,02	6,21
X ₂₀	4,91	5,43	5,71	6,10	6,13	6,38	5,78
Média	5,34	5,81	6,55	6,97	7,08	7,23	6,50

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

D.M.S. para mistura dentro de tempo: 0,61.

D.M.S. para tempo dentro de mistura: 0,59.

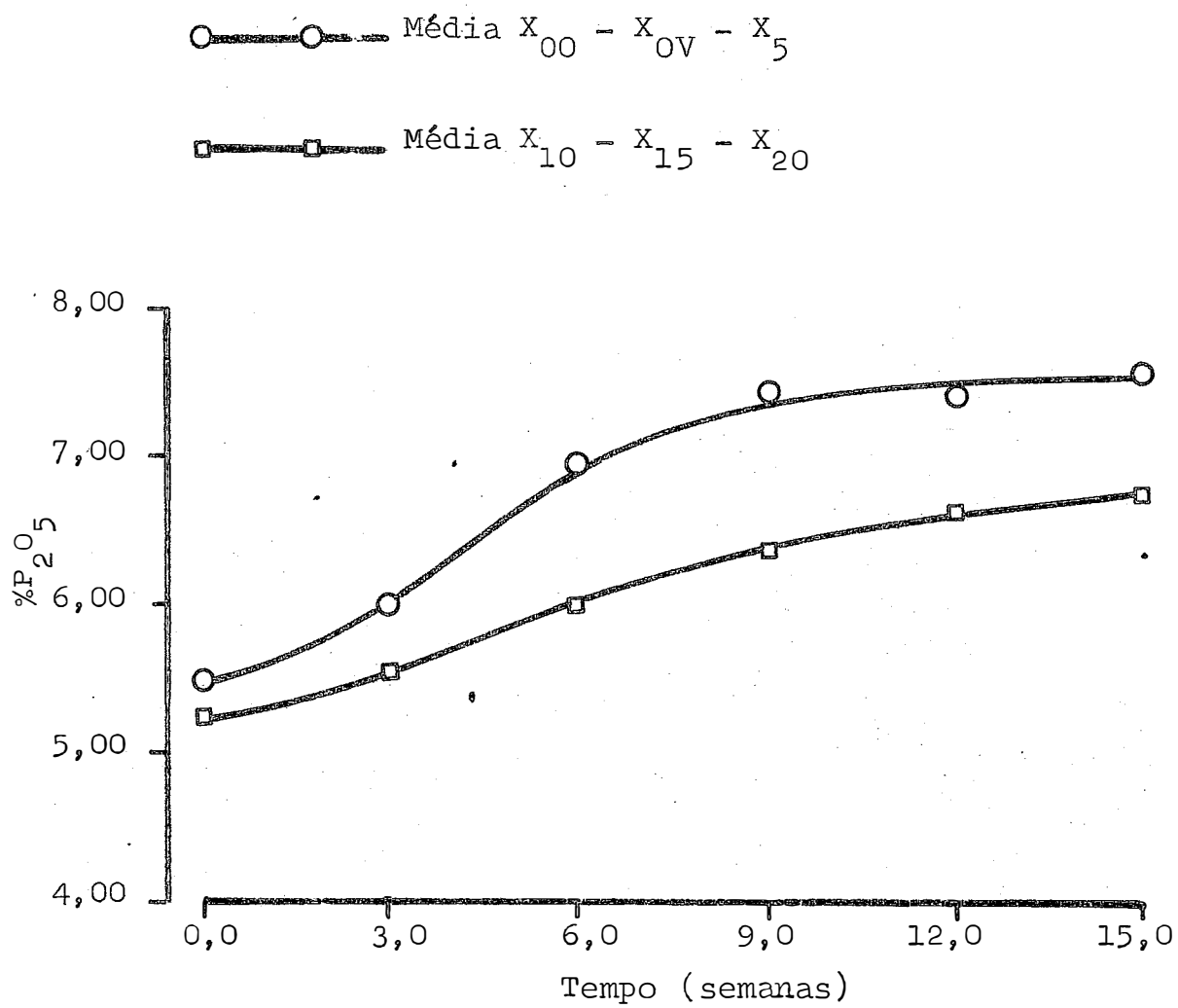


Fig. 10 - Potencial hidrogeniônico (pH) das misturas estudadas, em função do tempo de incubação.

fontes minerais às misturas, por vezes é nítido o seu efeito sobre propriedades químicas do material, como no caso do fósforo solúvel em água (Fig. 4) e solúvel em ácido cítrico (Fig. 5). Com base nestas observações, todos os dados foram submetidos a análises de regressão, visando a seleção de um modelo geral, que melhor explicasse as variações das características químicas, em função do teor de fósforo solúvel em água adicionado pelas fontes minerais e do tempo de incubação. O modelo geral adotado foi este:

$$\text{Log } Y_i = a_0 + a_1 D_{1i} + a_2 D_{2i} + a_3 X_i + a_4 T_i + \text{Log } e_i, \text{ onde:}$$

Log Y é o logaritmo decimal da característica química da mistura (%P₂O₅ solúvel em água, em ácido cítrico 2%, em ácido sulfúrico e total, % N, % C, relação C/N e pH);

X é o teor de fósforo solúvel em água adicionado pelas fontes minerais à mistura (% P₂O₅);

T é o tempo de incubação (semanas);

D₁ e D₂ são variáveis "dummy" (TOMEK e BEN-DAVID, 1965).

O valor de D₁ é 0 (zero) para a mistura X₀₀ e 1 (um) para as outras misturas; o valor de D₂ é 0 (zero) para a mistura X_{0V} e 1 (um) para as outras misturas, enquanto o valor de X é 0 (zero), para X₀₀ e X_{0V}, assim como para X₀;

a₀, a₁, a₂, a₃ e a₄ são coeficientes de regressão;

Log e é uma variável aleatória, normalmente distribuída, com média zero e variância σ^2 .

As equações de regressão obtidas, com os respectivos coeficientes de determinação (r^2) são apresentadas na Tabela 13. Para todos os casos, o efeito do componente independente da regressão não foi significativo, indicando que o modelo adotado é satisfatório. Isto só não ocorreu

Tabela 13 - Equações de regressão para os teores de fósforo (% P₂O₅) solúvel em água, ácido cítrico 2%, ácido sulfúrico 0,5 N e total, nitrogênio (% N), carbono orgânico (% C), relação C/N e pH, em função do teor de fósforo (% P₂O₅) adicionado pelas fontes minerais (X) e do tempo (T), com os coeficientes de determinação correspondentes (r²). a/

Equações de regressão	r ²
Log (% P ₂ O ₅ sol. H ₂ O) = -0,6122 + 0,5199 ^{**} X - 0,0577 ^{**} T	0,8979 ^{**}
Log (% P ₂ O ₅ sol. ác. cítr.) = - 0,0145 + 0,3723 ^{**} D ₁ + 0,1443 ^{**} X + 0,0125 ^{**} T	0,9684 ^{**}
Log (% P ₂ O ₅ sol. H ₂ SO ₄) = 0,0141 - 0,6333 ^{**} D ₁ - 0,0407 [*] D ₂ + 0,0226 [*] X + 0,0161 ^{**} T	0,9786 ^{**}
Log (% P ₂ O ₅ total) = 0,0442 + 0,6113 ^{**} D ₁ + 0,0166 ^{**} T	0,9748 ^{**}
Log (% N) = 0,0616 - 0,1594 ^{**} D ₂ + 0,0297 ^{**} X + 0,0130 ^{**} T	0,8292 ^{**}
Log (% C) = 1,4310 - 0,0883 ^{**} D ₁ + 0,0556 ^{**} D ₂ - 0,0089 ^{**} T	0,9208 ^{**}
Log (C/N) = 1,4057 - 0,1202 ^{**} D ₁ + 0,1836 ^{**} D ₂ - 0,0224 ^{**} T	0,9087 ^{**}
Log (pH) = 0,7286 + 0,0525 ^{**} D ₁ - 0,0357 ^{**} X + 0,0074 ^{**} T	0,5806 ^{**}

a/ D₁ - Variável "dummy" que diferencia as misturas X₀ e X₀₀ entre si.

D₂ - Variável "dummy" que diferencia as misturas X₀ e X_{0V} entre si.

* - Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

para o fósforo solúvel em água, para o qual outros modelos foram testados, sem sucesso. Em razão disso, e para se ter uniformidade, foi utilizada a equação segundo o modelo geral adotado.

Quando D_1 não aparece na equação, é porque a variação de $\log Y$ em X_{00} não difere daquela em X_0 . O mesmo acontece com D_2 , em relação a X_{OV} e X_0 .

Nas equações obtidas para fósforo total, carbono orgânico e relação C/N não aparece o termo X. Isto significa que o fósforo solúvel em água adicionando pelas fontes minerais (apatita e/ou superfosfato simples), não teve efeito sobre estas variáveis dependentes.

Como as misturas foram colocadas sobre lençóis de plástico (Fig. 1), não houve possibilidade de perda de fósforo por percolação. Assim, o aumento no teor de fósforo total em função do tempo se deveu unicamente à oxidação biológica da matéria orgânica. Com base neste fato, foi aplicado o teste t para a comparação dos coeficientes de regressão da variável T das equações de fósforo solúvel em água, ácido cítrico, ácido sulfúrico e de nitrogênio total, com este mesmo coeficiente para o fósforo total, tomado como padrão (Tabela 14). O valor de t foi calculado segundo a fórmula (OLIVEIRA, 1976):

$$t = \frac{\hat{a}_{41} - \hat{a}_{42}}{\sqrt{s^2(\hat{a}_{41}) + s^2(\hat{a}_{42})}}, \text{ onde:}$$

\hat{a}_{41} é a estimativa do coeficiente de regressão de T, para o fósforo total;

\hat{a}_{42} é a estimativa do coeficiente de regressão de T, para a outra característica química submetida ao teste;

$s^2(\hat{a}_{41})$ e $s^2(\hat{a}_{42})$ são as estimativas das variâncias de \hat{a}_{41} e \hat{a}_{42} , respectivamente.

Tabela 14 - Significância do Teste t aplicado na comparação de coeficientes do termo T das equações de regressão obtidas.

Par envolvido na comparação	Valor de t. <u>a/</u>
% P ₂ O ₅ total x % P ₂ O ₅ sol. água	14,11 ^{**}
" " x % P ₂ O ₅ sol. ác. cítrico 2%	2,44 [*]
" " x % P ₂ O ₅ sol. H ₂ SO ₄ 0,5 N	0,29 NS
" " x % N total	2,14 [*]

a/ * - Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível 5% de probabilidade.

O valor de t encontrado foi comparado com o tabelado (GOMES, 1970).

Pelo teste t, fica provado que as variações dos teores de P solúveis em água e em ácido cítrico, em função do tempo, são menores do que as do P total. Portanto, a solubilidade dessas formas de P diminuiu. Pelos coeficientes da variável T das equações correspondentes (Tabela 13), é possível calcular a redução nas quantidades de fósforo solúvel em água e em ácido cítrico, (92% e 23%, respectivamente). A redução foi bem menor para o ácido cítrico, porque grande parte do P que passou a ser insolúvel em água, permaneceu solúvel naquele extrator.

O valor de t não foi significativo para o P solúvel em H_2SO_4 0,5 N. Portanto, não houve alteração desta forma durante a incubação.

Pela equação do P total, pode-se calcular que o seu teor teve um aumento médio de 77%, do início ao final da incubação. Isto indica que a massa do material seco se reduziu, em média, a 56,5% da inicial, o que representa grande economia no seu transporte para o campo de cultura.

O acúmulo de fósforo pelos microrganismos na forma de polifosfatos pode também ter ocorrido, uma vez que a constituição das misturas aqui estudadas têm certas semelhanças com os tratamentos em que PEPPER et alii (1976) constataram a síntese microbiana de plifosfatos.

Os resultados obtidos, indicando ter havido diminuição na solubilidade de fosfatos, por sua incorporação biológica ou pela combinação com compostos orgânicos, é de grande interesse agrônomo. O fósforo nessas condições, aplicado às culturas, será de liberação mais lenta e estará mais protegido do contacto com os agentes da fixação de P do solo. Isto deverá resultar no seu melhor aproveitamento

pelas plantas (DALTON et alii, 1952; BAREA NAVARRO, 1969; GLÓRIA et alii, 1974 a; SETZER, 1974).

A determinação do fósforo orgânico renderia dados de grande utilidade na interpretação dos presentes resultados. Foram feitas algumas tentativas nesse sentido, através do método adaptado para análise de torta de filtro por GLÓRIA et alii (1974 a). Este método se baseia na determinação do fósforo orgânico por diferença entre o total e o extraído com H_2SO_4 0,5 N. Entretanto, os resultados obtidos não foram satisfatórios. Segundo BARROW (1961), os métodos analíticos para P orgânico baseados na diferença entre P total e P inorgânico têm dupla fonte de erro. A situação é mais crítica quando o fósforo orgânico representa uma pequena fração do total. Este foi o problema encontrado no presente estudo.

Em relação ao fósforo total, o teor de nitrogênio diminuiu em função do tempo, possivelmente devido às perdas por volatilização de amônia. Estas perdas devem ter ocorrido, aumentando em função do tempo, visto que neste sentido a relação C/N diminuiu (Fig. 9) e o pH se elevou (Fig. 10). Entretanto, considerando os baixos teores de N nas misturas (Tabela 9), estas perdas são de pouca expressão.

5.2. Ensaio no laboratório e características químicas das misturas, após a incubação e secagem ao sol.

Os valores "L" para fósforo das misturas, determinados em laboratório, utilizando microrganismos em cultivo espontâneo, são apresentados na Tabela 15. Os resultados obtidos para as misturas X_0 , X_5 , X_{10} , X_{15} e X_{20} estão

Tabela 15 - Valor "L"(mg P/g) das misturas após a incubação, determinado com a utilização de microrganismos em cultivo espontâneo (médias de cinco repetições).

Mistura	Valor "L" <u>a/</u>
X ₀₀	1,43 c
X _{0V}	1,74 c
X ₀	1,33 d
X ₅	1,80 c
X ₁₀	2,78 b
X ₁₅	2,70 b
X ₂₀	4,23 a

a/ Os valores seguidos da mesma letra não diferem entre si, ao nível 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

seqüenciados, tal como era esperado. X_0 , comparado a X_{00} , foi significativamente menor, evidenciando um efeito negativo da adição de apatita no conteúdo de P isotopicamente trocável da mistura. Entretanto, a adição da vinhaça cobriu este efeito, visto que a mistura X_{0V} se equiparou a X_{00} , quanto ao valor "L".

Calculando os valores "L" em $\%P_2O_5$, obtém-se números que superam os teores de P_2O_5 solúvel em água nas misturas, após a incubação e secagem ao sol, mas são bem inferiores aos teores de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico (Tabela 16). Isto mostra que, em razão da curta duração do ensaio referente ao valor "L", apenas uma pequena fração do fósforo potencialmente disponível nas misturas é passível de utilização pelos microrganismos.

Além dos teores de fósforo, a Tabela 16 mostra que as misturas estudadas, após a incubação e secagem ao sol, são ricas em cálcio, X_{0V} é relativamente rica em potássio (proveniente da vinhaça), o pH é geralmente elevado e a relação C/N é baixa, revelando um estágio avançado de decomposição. Estas características colocam as misturas estudadas em destaque, quanto a seus potenciais para utilização como fertilizantes.

Foi estudada a correlação simples entre os dados da Tabela 16, incluindo o valor "L" (Tabela 15). O valor "L" se correlacionou com o teor de fósforo solúvel em água ($r = +0,9818 **$) e com o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico ($r = +0,8967 **$), não sendo significativas as correlações com as demais formas de fósforo. Houve ainda correlação do valor "L" com o teor de enxofre ($r = +0,8372*$) e com pH ($r = -0,9591**$), as quais se devem ao processo de obtenção do superfosfato simples. Por sua vez, o fósforo so

Tabela 16 - Características químicas das misturas, após a incubação e secagem ao sol.

Mistura	% P ₂ O ₅ sol. em		% N	% K ⁺	% Ca ⁺²	% Mg ⁺²	% S	% C	C/N	pH			
	H ₂ O	Ác. Citr. 0,05N											
X ₀₀	0,04	1,41	1,53	1,51	1,90	1,43	0,33	4,05	0,26	0,70	24,2	16,9	7,47
X _{0V}	0,04	3,33	5,24	6,87	7,99	1,57	1,36	8,32	0,26	0,30	15,7	10,0	7,39
X ₀	0,04	3,08	4,98	6,84	8,21	1,22	0,23	8,52	0,21	0,20	16,7	13,7	7,75
X ₅	0,05	3,89	5,15	6,66	6,90	1,28	0,27	7,22	0,26	0,81	16,7	13,4	7,71
X ₁₀	0,22	5,04	5,73	6,91	7,72	1,35	0,32	7,48	0,26	1,00	17,1	12,7	6,90
X ₁₅	0,22	4,35	5,10	5,50	6,47	1,40	0,30	7,86	0,25	1,25	18,0	12,8	7,02
X ₂₀	0,56	6,23	6,58	6,80	7,73	1,37	0,32	7,28	0,24	1,35	19,0	13,9	6,38

lúvel em água também mostrou correlações com o enxofre ($r = +0,7899 *$) e com o pH ($r = -0,9408 **$). E o fósforo solúvel em ácido cítrico, com o solúvel em H_2SO_4 0,05N ($r = 0,8957**$) e com o pH ($r = -0,7865 *$).

Outro grupo, cujas variáveis estão correlacionadas positivamente entre si, e negativamente com o teor de carbono orgânico, é constituído por fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05 N, em H_2SO_4 0,5 N e fósforo total. Este fato revela que não houve alteração apreciável dessas formas de P durante a incubação das misturas. O aumento no teor de P solúvel em H_2SO_4 0,5 N e do P total em função do tempo se deveu, praticamente, apenas à concentração, pela oxidação biológica da matéria orgânica.

5.3. Ensaio em casa-de-vegetação

O ensaio em casa-de-vegetação foi conduzido com o objetivo de determinar o valor "L" de dois solos (um argiloso - LR e outro arenoso - PVls), tratados com três das misturas estudadas, ou apenas com os constituintes minerais correspondentes a estas misturas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 17.

Invariavelmente, para o mesmo tratamento, o valor "L" é maior no solo LR. Mas, tomando a testemunha como referência, para o mesmo tratamento, o aumento relativo do valor "L" no PVls é maior. Isto ratifica as melhores condições do LR, quanto à disponibilidade de fósforo para as plantas (Tabela 3).

Uma importante informação é obtida, quando se compara cada tratamento que recebeu torta de filtro, com sua forma mineral correspondente (X_0 versus apatita, X_{10} vs.

Tabela 17 - Valor "L" (mg/vaso) do Latossolo Roxo (LR) e do Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras(PVls), tratados com as misturas X_0 , X_{10} e X_{20} , ou com as formas minerais de apatita de Araxá e/ou superfosfato simples correspondentes (Médias de cinco repetições). a/

Tratamento	Valor "L"	
	LR	PVls
Mistura X_0	128,07	37,75
Mistura X_{10}	172,24	45,53
Mistura X_{20}	301,02	124,88
Apatita de Araxá	80,47	45,20
Apatita-Superfosfato S.	165,30	88,44
Superfosfato simples	258,59	175,17
Testemunha	66,99	16,68

a/ Teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade:

- D.M.S. para tratamento dentro de solo: 39,77.
- Todas as médias para solo dentro de tratamento diferem entre si.

apatita-super e X_{20} vs. super). No LR, é significativa a vantagem de X_0 sobre apatita e de X_{20} sobre super. A diferença entre X_{10} e apatita-super não é significativa. No PVls, apatita-super e super superam, respectivamente, a X_{10} e X_{20} . Entre apatita e X_0 , a diferença não é significativa. Possivelmente, a matéria orgânica agiu protegendo o fósforo da reação com o solo no LR, mantendo este nutriente em forma disponível, conforme sugerem DALTON et alii (1952) e SETZER (1974). E no PVls, como esta reação é muito menos viável, as formas minerais foram superiores. Considerando que a duração do ensaio foi de apenas 33 dias, é de se esperar que, em condições de cultivo no campo, estes resultados sejam ainda mais evidentes em solos como o LR. No caso do PVls, nessas condições, é possível que os tratamentos com matéria orgânica venham também a superar as formas minerais correspondentes.

BITTENCOURT et alii (1977) utilizaram com sucesso o H_2SO_4 0,5 N como extrator de fósforo disponível para a cana-de-açúcar, em solos do Estado de São Paulo. No presente trabalho ficou demonstrado que a solubilidade do fósforo em ácido sulfúrico 0,5 N superou a 90% do conteúdo de P total das misturas. Dessa forma, é possível que considerável fração do fósforo contido nas misturas estudadas seja passível de aproveitamento pela cana-de-açúcar.

6. CONCLUSÕES

- A adição de apatita de Araxá e de superfosfato simples à torta de filtro promoveram o mesmo aumento na taxa de oxidação do carbono orgânico.

- A adição de vinhaça à mistura de torta de filtro com apatita resultou num grande aumento da atividade biológica no meio.

- Os dados de composição química das misturas estudadas se ajustaram satisfatoriamente ao modelo matemático:

$$\text{Log } Y_i = a_0 + a_1 D_{1i} + a_2 D_{2i} + a_3 X_i + a_4 T_i + \text{Log } e_i, \text{ onde:}$$

Log \dot{Y} é o logarítmo decimal da característica química;

X é o teor de fósforo solúvel em água adicionado pelas fontes minerais (% P_2O_5);

T é o tempo de incubação (semanas);

D_1 e D_2 são variáveis "dummy";

a_1 , a_2 , a_3 e a_4 são os coeficientes de regressão;

Log e é uma variável aleatória, normalmente distribuída, com média zero e variância σ^2 .

- Durante a incubação, a massa do material seco se reduziu, em média, a 56,5% da inicial, o que representa grande economia no transporte para o campo de cultura.

- Aplicações das misturas estudadas, especialmente em culturas de ciclo médio e longo, como cana-de-açúcar, forrageiras, citrus, café, essências florestais, etc podem ser realizadas, visando a resultados satisfatórios sob os pontos de vista nutricional e econômico.

7. SUMMARY

Mixtures of filter cake and "apatita de A raxá" and/or simple superphosphate were incubated in such a way as to raise P_2O_5 percentage to approximately 4%, having 0.0 - 0.5 - 1.0 - 1.5 and 2.0% of water soluble P_2O_5 added in the mineral form. Pure filter cake was also included, as well a mixture of filter cake, "apatita de Araxá" and stilage.

The amounts of phosphorus soluble in water and in 2% citric acid showed a decrease during incubation, in relation to total phosphorus; P soluble in 0.5N sulfuric acid showed no change. Carbon content and the C/N ratio decreased with time whereas pH was raised.

Although the percentage of N showed an increase, the quantity of this nutrient decreased, due to losses of ammonium by evaporation. These losses were considered negligible, however, due to the low N percentages.

The data fitted well to a mathematical model of the form:

$$\text{Log } Y_i = a_0 + a_1 D_{1i} + a_2 D_{2i} + a_3 X_i + a_4 T_i + \text{Log } e_i, \text{ where:}$$

Log Y is the decimal log of the chemical characteristic of

the mixture;

X is water soluble P added in the mineral form ($\% P_2O_5$);

T is incubation time (weeks);

D_1 and D_2 are dummy variables;

a_0 ; a_1 ; a_2 ; a_3 and a_4 are the regression coefficients;

Log e is an independent random variable, having normal distribution with mean zero and variance σ^2 .

After incubation and air drying, the "L" value for phosphorus and other chemical characteristics were determined in the mixtures. The "L" value was also determined for samples of two soil types (LR and PVls), treated with some of the mixtures and the corresponding mineral forms.

For soil type LR, the "L" value of the treatments which received the mixtures was superior to those of the corresponding mineral forms; this shows a higher availability of P in the first case. The opposite was true for soil type PVls, showing a slight negative interaction effect of this soil with mineral forms on available P level.

It can be concluded that the mixtures tested show a remarkable potential as fertilizers.

8. LITERATURA CITADA

ACEVEDO-RAMOS, G. ; HENÁNDEZ - MEDINA, E. e LUGO-LÓPEZ, M.A.,
1963. Effect of Filter-Press Cake on Crop Yields and
Soil Properties. Compost Sci. Emmaus, 3:34-8.

ACQUAYE , D.K., 1963. Some Significance of Soil Organic
Phosphorus Mineralization in the Phosphorus Nutrition of
Cocoa in Ghana. Plant and Soil. The Hague, 19:65-80.

ADEPTU, J.A. e COREY, R.E., 1976. Organic Phosphorus as a
Predictor of Plant Available Phosphorus in Soils of Sou
thern Nigeria. Soil Sci. Baltimore, 122:159-64.

ALEXANDER, K.E.F., 1971. Analysis of Filter Cake from South
African Sugar Mills. In: SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLO-
GISTS' ASSOCIATION. Proceedings, 1971. Durban, pp.149-
51.

ALEXANDER, K.E.F., 1972. Filter Cake. South Afr. Sugar J.
Durban, 56:71-7.

- ALLISON, F.E., 1973. Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. New York, Elsevier Scientific Publishing Co., 637 p.
- ALMEIDA, J.R., 1944 a. As tortas das Usinas de Açúcar: II. Composição Química das Tortas. Brasil Açuc.. Rio de Janeiro, 24:205-7.
- ALMEIDA, J.R., 1944 b. As Tortas das Usinas de Açúcar: III. Utilização das Tortas das Usinas de Açúcar. Bra-sil Açuc.. Rio de Janeiro, 24:311-14 e 536-42.
- ANDERSON, G., 1975. Other Organic Phosphorus Compounds. In: GIESERING, J.E.. Soil Components. Vol. I. New York, Springer-Verlag, pp.305-31.
- ANÔNIMO, 1943. The Use of Trash, Filter Cake and Bagasse. Int. Sugar J.. Manchester, 45:148.
- ANÔNIMO, 1968. Quantitative Use of Phosphate for Sugarcane and Factors Affecting their Efficiency. South Afr. Sugar J.. Durban, 52:989-99.
- BAREA NAVARRO, J.M., 1969. Estudio sobre Gérmenes del Suelo Capaces de Mineralizar los Fosfatos Orgánicos: I. In troducción y Revisión Bibliográfica. Ars. Pharmac.. Granada, 10:117-28.
- BARROW, J.J., 1961. Phosphorus in Soil Organic Matter. Soils and Fertilizers. Harpenden, 24:169-73.

- BITTENCOURT, V.C. ; ORLANDO Fº, J. e ZAMBELLO Jr., E., 1977. Determination of Available P for Sugarcane in Tropical Soils by Extraction with H_2SO_4 0.5N. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. Proceedings XVI Congress. São Paulo, pp. 5-12.
- BITTENCOURT, V.C., 1978. Composição da Vinhaça. Palestra proferida na Santal Equipamentos S.A.. Ribeirão Preto.
- BRAMS, E., 1973. Soil Organic Matter and Phosphorus Relationships under Tropical Forests. Plant and Soil. The Hague, 39:465-8.
- BRASIL, IAA. 1978. Safra 77/78. Posição em 15 de março de 1978. Superintendência Regional de São Paulo, São Paulo, 14 p.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C., 1958. Estudos sobre o Aproveitamento da Torta de Filtro de Usina de Açúcar como Fertilizante. Piracicaba, ESALQ/USP, 109 p. (Tese de Doutorado).
- BRAY, R.H. e KURTZ, L.T., 1945. Determination of Total, Organic and Available Forms of Phosphorus in Soils. Soil Sci. Baltimore, 59:39-45.
- BUCKMAN, H.O. e BRADY, N.C., 1976. Natureza e Propriedades dos Solos. Trad. A.B.N. Figueiredo Fº., 4ª ed., Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 594 p.
- CALDWELL, A.G. e BLACK, C.A., 1958. Inositol Hexaphosphate: III. Content in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 2:296-8.

- CALLAO, V. 1965. Estudio Preliminar de Solubilización de Fosfatos por las Bacterias. Ars. Pharmac. Granada, 6: 237-42.
- CAMARGO, R., 1954. O Desenvolvimento da Flora Microbiana nos Solos Tratados com Vinhaça. Boletim nº 9 do Instituto Zimotécnico da ESALQ, Piracicaba, 44 p.
- CHANG, S.C., 1939. The Transformation of Phosphorus During the Decomposition of Plant Materials. Soil Sci. Baltimore, 48:85-99.
- CHANG, S.C. e JACKSON, M.L., 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. Soil Sci. Baltimore, 84:133-44.
- DALTON, J.D. ; RUSSELL, G.C. e SIELING, D.H., 1952. Effect of Organic Matter on Phosphate Availability. Soil Sci. Baltimore, 73:173-81.
- DORMAAR, J.F., 1972. Seasonal Pattern of Soil Organic Phosphorus. Can J. Soil Sci. Ottawa, 52:107-12.
- ELAHI, M.A. e SARKAR, N.N., 1970. Study of Press Mud as Medium for Raising Seedlings from Sugar Cane Fluffs. Pakistan J. Sci., 22:148-50. In: Int. Sugar J. Manchester, 75:209. 1973.
- ENWEZOR, W.O., 1967. Significance of the C: Organic P Ratio in the Mineralization of Soil Organic Phosphorus. Soil Sci. Baltimore, 103:62-6.

- ENWEZOR, W. O., 1975. The Mineralization of Nitrogen and Phosphorus in Organic Materials of Varying C:N and C: P Ratios. Plant and Soil. The Hague, 44:237-40.
- ENWEZOR, W.O., 1977 a. Soil Testing for Phosphorus in Some Nigerian Soils: 1. Comparison of Methods of Determining Available Phosphorus in Soils of Southeastern Nigeria. Soil Sci. Baltimore, 123:48-52.
- ENWEZOR, W.O., 1977 b. Soil Testing for Phosphorus in Some Nigerian Soils: 2. Predicting Responses to Phosphate Application for Soils of Southeastern Nigeria. Soil Sci. Baltimore, 123:111-6.
- ENWEZOR, W.O., 1977 c. Soil Testing for Phosphorus in Some Nigerian Soils: 3. Forms of Phosphorus of Southeastern Nigeria and Their Relationships to Plant Available Phosphorus. Soil Sci. Baltimore, 124:27-33.
- ENWEZOR, W.O. e MOORE, A.W., 1966. Phosphorus Status of Some Nigerian Soils. Soil Sci. Baltimore, 102:322-8.
- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição Mineral das Plantas. Princípios e Perspectivas. Trad. E. Malavolta. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos S.A., 341 p.
- FARES, F. ; FARDEAU, J.C. e JACQUIN, F., 1974. Quantitative Survey of Organic Phosphorus in Different Soil Types. Phosphorus in Agriculture. London, 63:25-40.

- GAVRILOVA, A.N. ; SHIMKO, N.A. e SAVCHENKO, V.F., 1973. Dynamics of Organic Phosphorus Compounds and Phosphatase Activity in Pale Yellow-Sod-Podzolic Soil. Sov. Soil Sci. Madison, 5:320-8.
- GHONSIKAR, C.P. e MILLER, R.H., 1973. Soil Inorganic Polyphosphates of Microbial Origin. Plant and Soil. The Hague, 38:651-5.
- GLÓRIA; N.A., 1976. Emprego da Vinhaça para Fertilização. Piracicaba, CODISTIL-Grupo Dedini, 31 p.
- GLÓRIA, N.A. ; JACINTO, A.O. ; GROSSI, J.M.M. e SANTOS, R.F., 1974 a. Composição Mineral das Tortas de Filtro Rotativo. Brasil Açuc. Rio de Janeiro, 84:235-42.
- GLÓRIA, N.A. ; JACINTO, A.O. ; PELLEGRINO, D. ; GROSSI, J.M.M. e SANTOS, R.F., 1974 b. Métodos Analíticos para a Determinação de Diversos Elementos em Tortas de Filtro Rotativo. Anais da ESALQ. Piracicaba, 31:159-74.
- GLÓRIA, N.A. e MATTIAZZO, M.E., 1976. Efeito da Matéria Orgânica na Solubilização de Fosfatos no Solo: II. Efeito de Resíduos da Usinas de Açúcar e Destilaria (Bagaço de Cana, Torta de Filtro e Vinhaça). Brasil Açuc. Rio de Janeiro, 88:22-31.
- GLÓRIA, N.A., PELEGRINO, D. e MATTIAZZO, M.E., 1976. Efeito da Matéria Orgânica na Solubilização de Fosfatos no Solo. Rev. de Agric. Piracicaba, 51:253-61.

- GOLDEN, L.E., 1975. Effect of Filter Press Mud on Yield and Nutrition of Sugar Cane. Sugar Bull. New Orleans, 52:12-5.
- GOMES, F.P., 1970. Curso de Estatística Experimental. 4ª ed., São Paulo, Livraria Nobel S.A., 468 p.
- HAGIHARA, H.H., 1974. Effect of Cane Trash Mulching and Filter Cake Incorporation on Sugar Cane. In: Reports, 1974. Meeting Hawaiian Sugar Technol. Honolulu, pp.55-9.
- HARRAP, F.E.G., 1963. Use of Sodium EDTA in the Determination of Organic Phosphorus. J. Soil Sci. Oxford, 14: 82-7.
- HUMBERT, R.P., 1975. Novo Processo de Compostagem de Bagaço e Torta de Filtro para Aumentar a Produção de Cana. Brasil Açuc. Rio de Janeiro, 86:145-7.
- ISLAM, A. e MANDAL, R., 1977. Amounts and Mineralization of Organic Phosphorus Compounds and Derivatives in Some Surface Soils of Bangladesh. Geoderma. Amsterdam, 17: 57-68.
- JACKMAN, R.H. e BLACK, C.A., 1952. Phytase Activity in Soils. Soil Sci. Baltimore, 73-117-25.
- JEFFREY, D.W., 1968. Phosphate Nutrition of Australian Heath Species. II: The Formation of Polyphosphate by Five Heath Species. Austr. J. Bot. Melbourne, 16:603-13.

- JOHN, M.K. ; SPROUT, P.N. e KELLEY, C.C., 1965. The Distribution of Organic Phosphorus in British Columbia Soils and its Relationship to Soil Characteristics. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 45:87-95.
- JOENSEN, S.S., 1977 . Guia Analítico - Metodologia Utilizada para Análises Químicas de Rotina. Piracicaba, Divisão de Ciências Básicas - CENA, 32 p.
- JUMA, N.G. e TABATABAI, M.A., 1977. Effects of Trace Elements on Phosphatase Activity in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 41:343-6.
- KISS, S. ; DRĂGAN-BULARDA, M. e RADULESCU, D., 1975. Biological Significance of Enzymes Accumulated in Soil. Adv. in Agronomy. New York, 27:25-87.
- KUDZIN, Y.K. ; YAROSHEVICH, I.V., 1961. The Mobilization of Organic Phosphates in Chernozem and the Phosphorus Nutrition of Plants. Trudy Inst. Mikrobiol. Akad. Nauk, 11:252-9. In: Soils and Fertilizers. Harpenden, 25:330.
- LOCSIN, C.L., 1930. Press Cake Fertilizer. Sugar News, 11: 225-60. In: Int. Sugar J. Manchester, 32:488. 1930.
- LOUW, H.A. e WEBLEY, D.M., 1959. A Study of Soil Bacteria Dissolving Certain Mineral Phosphate Fertilizers and Related Compounds. J. Appl. Bact. Reading, 22:227-33.
- LUGO-LÓPEZ, M.A. ; HERNÁNDEZ-MEDINA, E. ; CIBES-VIADÉ, H.R. e VICENTE-CHANLER, J., 1953. The Effect of Filter-Press Cake on the Physical and Chemical Properties of Soils. J. Agric. Univ. P. Rico . Rio Piedras, 37:213-23.

- LUGO-LÓPEZ, M.A. ; HERNÁNDEZ-MEDINA, E. ; CIBES-VIADÉ, H.R. e VICENTE-CHANDLER, J., 1954. Influence of Filter Press Cake on Pineapple Yields and Soil Properties. Soil Sci. Baltimore, 78:257-65.
- MALAVOLTA, E., 1976. Manual de Química Agrícola. Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 528p.
- MERZARI, A.H. ; GHELFI, R.A. e BREZONI, E.O., 1962. Nueva Técnica para la Determinación de Fósforo Lábil en Suelos (Valor "L") Utilizando Azotobacter en Cultivo Expontáneo. In: IAEA/FAO. Radioisotopes in Soil-Plant Nutrition Studies. Proc. Symp. Bombay, pp. 371-81.
- MURDOCH, C.L. ; JACKOBS, J.A. e GERDEMANN, J.W., 1967. Utilization of Phosphorus Sources of Different Availability by Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Maize. Plant and Soil. The Hague, 27:329-34..
- OLIVEIRA, L.M., 1976. Regressão e Correlação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 96 p.
- OLIVEIRA, M.L.C. ; LOPES, E.S. ; SILVA, M.T.R. da e NAGAI, V., 1977. Influência da oxidação microbiológica do enxofre na solubilização da Apatita de Araxá. R. Bras.Ci. Solo. Campinas, 1:24-8.
- PAUL, O.L., 1974. Effects of Filter-Press Mud on Soil Physical Conditions in a Sandy Soil. Trop. Agric. Saint Augustine, 51:288-92.

PEPPER, I.L. ; MILLER, R.H. e GHONSIKAR, C.P., 1976. Microbial Inorganic Polyphosphates: Factors Influencing their Accumulation in Soil. Soil Sci. Soc. Amer. J... Madison, 40:872-5.

PINTO, R., 1974. Forms of Soil Phosphate and their Availability to Plants. Trop. Agric... Saint Augustine, 51:179-88.

PRASAD, M., 1974. The Effect of Filter-Press Mud on the Availability of Macro - and Micronutrients. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. Proceedings XV Congress. Durban, pp. 13-29.

PRASAD, M., 1976 a. Response of Sugarcane to Filter Press Mud and N, P and K Fertilizers. I: Effect on Sugarcane Yield and Sucrose Content. Agron. J... Madison, 68:539-43.

PRASAD, M., 1976 b. Response of Sugarcane to Filter Press Mud and N, P and K Fertilizers. II: Effects on Plant Composition and Soil Chemical Properties. Agron. J... Madison, 68:543-7.

RAMOS, C.A. ; BAREA, J.M. e CALLAO, V., 1966 . Liberación de Fósforo a Partir de la Fosforita por Bacterias que Actúan Sobre los Fosfatos. Ars. Pharmac... Granada, 7:251-5.

RAMOS, A. ; BAREA, J.M. e CALLAO, V., 1972. A Phosphate Dissolving and Nitrogen Fixing Microorganism and its Possible Influence on Soil Fertility. Agrochimica. Pisa, 16:345-50.

- RANDS, R.D., 1933. Filter Cake on Louisiana Plantations. Sugar Bull. New Orleans, 11:2-5.
- RAO, T.K.G., RAJAN, S.D. e KADIRVELU, A.K., 1970. Manurial Value of Factory by-Products in Cane Culture under Wet Land Conditions in the Vadapathimangalan Sugar Factory Zone. Proc. 2nd. Conv. S. Indian Sugar Cane and Sugar Technol. Assoc., pp. 50-2. In: Int. Sugar J. Manchester, 73:124. 1971.
- ROBILLARD, F.J.M. e IGGO, G.A., 1975. The Effect of Quantity of Seedcane, Filtercake and Irrigation on Sugar cane Yield. South Afr. Sugar J. Durban, 54:165-73.
- RODELLA, A.A. e FERRARI, S.E., 1977. A Composição da Vinhaça e Efeitos de sua Aplicação como Fertilizante na Cana de Açúcar. Bras. Açuc. Rio de Janeiro, 90:6-13.
- ROTH, G., 1971. The Effects of Filter Cake on Soil Fertility and Yield of Sugarcane. In: SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS' ASSOCIATION. Proceedings, 1971. Durban, pp. 142-8.
- SAMUELS, G. e LANDRAU Jr., P., 1955. Filter-Press Cake as a Fertilizer. Sugar J. Louisiana, 18:30-4.
- SAMUELS, G. e LANDRAU Jr., P., 1957. Filter-Press Cake as a Fertilizer. Sugar J. Louisiana, 19:18-9 e 79.
- SETZER, J., 1974. O Fósforo e a Matéria Orgânica no Solo. Rev. Criadores. São Paulo, junho de 1974, pp. 69-70.

- SINGH, B.B. e JONES, J.P., 1976. Phosphorus Sorption and Desorption Characteristics of Soil as Affected by Organic Residues. Soil Sci. Soc. Amer. J.. Madison, 40: 389-94.
- SNEDOCOR, G.W., 1950. Statistical Methods Applied to Experiments in Agriculture and Biology. 4^a ed., Ames, The Iowa State College Press, 485 p.
- SWENSON, R.M. ; COLE, C.V. e SIELING, D.H., 1949. Fixation of Phosphate by Iron and Aluminum Replacement by Organic and Inorganic Ions. Soil Sci.. Baltimore, 67:3-22.
- SZEMBER, A., 1960. Influence on Plant Growth of the Break-down of Organic Phosphorus Compounds by Micro-Organisms. Plant and Soil. The Hague, 13:147-58.
- TISDALE, S.L. e NELSON, W.L., 1971. Soil Fertility and Fertilizers. 2^a ed., New York, Collier-Macmillan International Editions, 694 p.
- TOMEK, W.G. e BEN-DAVID, S., 1965. Allowing for Slope and Intercept Changes in Regression Analysis. Ithaca, Cornell University, 22 p.
- WIER, D.R. e BLACK, C.A., 1968. Mineralization of Organic Phosphorus in Soils as Affected by Addition of Inorganic Phosphorus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.. Madison, 32: 51-5.
- WYATT, R., 1963. Phosphatic Fertilizer for Sugarcane. South Afr. Sugar J.. Durban, 52:417-29.

9. APÊNDICE

Tabela A 1 - Análise de variância do teor de fósforo(% P₂O₅) solúvel em água, em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F a/
Bloco	2	0,0054	0,93 NS
Mistura (X)	6	2,1313	269,90 **
Tempo (T)	5	1,3529	264,80 **
X x T	30	0,1017	17,64 **
XdT = 0	6	1,2270	211,55 **
XdT = 3	6	0,6280	108,27 **
XdT = 6	6	0,3752	64,69 **
XdT = 9	6	0,2130	36,72 **
XdT = 12	6	0,1066	18,38 **
XdT = 15	6	0,0899	15,50 **
Tdx ₀₀	5	0,0384	16,62 **
Tdx _{0V}	5	0,0618	10,65 **
Tdx ₀	5	0,0426	7,35 **
Tdx ₅	5	0,1015	17,50 **
Tdx ₁₀	5	0,3100	53,45 **
Tdx ₁₅	5	0,3807	65,64 **
Tdx ₂₀	5	1,0278	177,21 **
Erro	82	0,0058	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 19,47%

a/ ** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível 5% de probabilidade.

Tabela A 2 - Análise de variância do teor de fósforo(% $P_{2}O_{5}$)
solúvel em ácido cítrico 2%, em função da mistu
ra e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,1177	3,64 *
Mistura (X)	6	37,6838	1164,86 **
Tempo (T)	5	6,8429	211,52 **
X x T	30	0,2817	8,71 **
XdT = 0	6	3,2454	100,17 **
XdT = 3	6	4,8264	148,96 **
XdT = 6	6	5,9950	185,03 **
XdT = 9	6	8,3420	257,47 **
XdT = 12	6	7,5036	231,59 **
XdT = 15	6	9,4972	293,12 **
TdX ₀₀	5	0,2298	7,09 **
TdX _{0V}	5	0,2632	8,12 **
TdX ₀	5	0,5237	16,16 **
TdX ₅	5	0,9010	27,81 **
TdX ₁₀	5	1,5590	48,12 **
TdX ₁₅	5	1,5039	46,42 **
TdX ₂₀	5	3,7972	117,20 **
Erro	82	0,0324	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 5,13%

a/ * - Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 3 - Análise de variância do teor de fósforo(% P_2O_5) solúvel em ácido sulfúrico 0,5 N, em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,3896	4,54 *
Mistura (X)	6	53,5894	624,26 **
Tempo (T)	5	21,2634	247,70 **
X x T	30	0,4446	5,18 **
XdT = 0	6	5,0402	58,74 **
XdT = 3	6	6,2327	72,64 **
XdT = 6	6	9,3319	108,76 **
XdT = 9	6	10,8067	125,95 **
XdT = 12	6	11,5699	134,85 **
XdT = 15	6	12,8310	149,55 **
XdX ₀₀	5	0,2791	3,25 **
TdX _{0V}	5	3,7127	43,27 **
TdX ₀	5	4,7635	55,52 **
TdX ₅	5	3,9314	45,82 **
TdX ₁₀	5	3,2011	37,31 **
TdX ₁₅	5	4,0916	47,69 **
TdX ₂₀	5	3,5913	46,05 **
Erro	82	0,0858	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 5,72%.

a/ * - Significativo ao nível 5% de probabilidade,

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 4 - Análise de variância do teor de fósforo(% P_2O_5) total, em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F a/
Bloco	2	0,6052	7,32 **
Mistura (X)	6	58,3177	705,37 **
Tempo (T)	5	27,1833	328,81 **
X x T	30	0,5138	6,22 **
XdT = 0	6	5,0174	60,67 **
XdT = 3	6	6,0885	73,62 **
XdT = 6	6	9,8443	119,04 **
XdT = 9	6	12,1148	146,49 **
XdT =12	6	12,6144	152,53 **
XdT =15	6	15,0071	181,46 **
TdX ₀₀	5	0,3248	3,93 **
TdX _{0V}	5	6,4679	78,21 **
TdX ₀	5	6,1085	73,86 **
TdX ₅	5	3,7116	44,88 **
TdX ₁₀	5	4,0301	48,73 **
TdX ₁₅	5	4,6521	56,25 **
TdX ₂₀	5	4,9712	60,11 **
Erro	82	0,0827	-
Total	125	*	-

Coefficiente de variação = 5,24%.

a/ ** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 5 - Análise de variância do teor de nitrogênio(% N) total, em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,0156	7,83 **
Mistura (X)	6	0,3600	18,10 **
Tempo (T)	5	0,8249	41,46 **
X x T	30	0,0301	1,51 NS
Erro	82	0,0199	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 12,21%.

a/ ** -Significativo ao nível 1% de probabilidade.

NS -Não significativo ao nível 5% de probabilidade.

Tabela A 6 - Análise de variância do teor de carbono orgânico (% C), em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,9689	2,60 *
Mistura (X)	6	88,1833	236,50 **
Tempo (T)	5	133,9360	359,21 **
X x T	30	0,8603	2,31 **
XdT = 0	6	9,0997	24,40 **
XdT = 3	6	13,3708	35,86 **
XdT = 6	6	11,0775	29,71 **
XdT = 9	6	15,1549	40,64 **
XdT = 12	6	19,5308	52,38 **
XdT = 15	6	24,2510	65,03 **
Tdx ₀₀	5	10,1422	27,20 **
Tdx _{0V}	5	29,5200	79,16 **
Tdx ₀	5	22,8542	61,29 **
Tdx ₅	5	18,0019	48,28 **
Tdx ₁₀	5	23,9392	64,20 **
Tdx ₁₅	5	17,0933	45,84 **
Tdx ₂₀	5	18,9939	50,94 **
Erro	82	0,3729	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 2,79%.

a/ * - Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 7 - Análise de variância da relação C/N, em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,7374	0,34 NS
Mistura (X)	6	303,9200	138,93 **
Tempo (T)	5	801,0690	366,20 **
X x T	30	12,3360	5,64 **
XdT = 0	6	113,8097	52,03 **
XdT = 3	6	74,6027	34,10 **
XdT = 6	6	29,0778	13,28 **
XdT = 9	6	22,0427	10,08 **
XdT = 12	6	110,2289	50,39 **
XdT = 15	6	15,8597	7,25 **
Tdx ₀₀	5	222,3050	101,63 **
Tdx _{0V}	5	53,3392	24,38 **
Tdx ₀	5	152,9272	69,91 **
Tdx ₅	5	105,0293	48,01 **
Tdx ₁₀	5	96,2450	44,00 **
Tdx ₁₅	5	114,2846	52,24 **
Tdx ₂₀	5	130,9579	59,87 **
Erro	82	2,1875	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 7,15%.

a/ ** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

NS - Não significativo ao nível 5% de probabilidade.

Tabela A 8 - Análise de variância do potencial hidrogenônico (pH), em função da mistura e do tempo de incubação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Bloco	2	0,6171	10,07 **
Mistura (X)	6	3,0431	49,66 **
Tempo (T)	5	12,5754	205,24 **
X x T	30	0,2033	3,32 **
XdT = 0	6	0,1385	2,26 *
XdT = 3	6	0,3125	5,10 **
XdT = 6	6	1,1913	19,43 **
XdT = 9	6	0,9918	16,18 **
XdT = 12	6	0,7441	12,14 **
XdT = 15	6	0,7238	11,81 **
Tdx ₀₀	5	2,5434	41,49 **
Tdx _{0V}	5	2,0467	33,39 **
Tdx ₀	5	2,9316	47,82 **
Tdx ₅	5	2,3826	38,87 **
Tdx ₁₀	5	1,0019	16,34 **
Tdx ₁₅	5	1,7419	28,42 **
Tdx ₂₀	5	0,8840	14,42 **
Erro	82	0,0613	-
Total	125	-	-

Coefficiente de variação = 3,81%.

a/ * - Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 9 - Análise de variância do valor "L" das misturas após a incubação e secagem ao sol, determinado com a utilização de microrganismos em cultivo espontâneo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Misturas	6	5,3115	166,25 **
Erro	28	0,0319	-
Total	34	-	-

Coefficiente de variação = 7,82%.

a/ ** - Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 10 - Análise de variância do valor "L" dos solos LR e PVls, tratados com as misturas X_0 , X_{10} e X_{20} ou com as formas minerais de apatita de Araxá, e/ou superfosfato simples correspondentes.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	F <u>a/</u>
Tratamento (T)	6	48157,3	114,17 **
Solo (S)	1	145478,0	344,90 **
T x S	6	5643,8	13,38 **
Td LR	6	38419,4	91,08 **
Td PVls	6	16032,0	38,01 **
Sd X_0	1	20396,1	48,36 **
Sd X_{10}	1	40141,1	95,17 **
Sd X_{20}	1	77563,2	183,89 **
Sd Apatita	1	3110,3	7,38 *
Sd Apat.-Super	1	14767,1	35,01 **
Sd Super	1	17395,6	41,24 **
Sd Testemunha	1	6327,7	15,00 **
Erro	56	421,8	-
Total	69	-	-

Coefficiente de variação = 16,84%

a/ * Significativo ao nível 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Tabela A 11 - Matriz de correlação simples entre as características químicas das misturas, após a incubação e secagem ao sol. a/

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Valor "L" (1)	1,0000	0,9818	0,8967	0,6381	0,3292	0,3134	0,0420	-0,0386	-0,1902	0,1492	0,0422	0,8372	-0,9591	-0,0741
P sol. H ₂ O (2)		1,0000	0,8432	0,5790	0,2670	0,2660	-0,0225	0,0508	-0,2514	0,0979	-0,0942	0,7899	-0,9408	0,0447
P sol. ác. cí. (3)			1,0000	0,8957	0,6930	0,6617	-0,1443	-0,4482	-0,1495	0,5027	-0,0568	0,6748	-0,7865	-0,3741
P sol. H ₂ SO ₄ 0,05 N (4)				1,0000	0,9346	0,9205	-0,1681	-0,7815	0,0767	0,8153	-0,2226	0,3104	-0,4979	-0,6684
P sol. H ₂ SO ₄ 0,5 N (5)					1,0000	0,9875	-0,2322	-0,9323	0,1822	0,9130	-0,2854	-0,0162	-0,1802	-0,7742
P Total (6)						1,0000	-0,2036	-0,9249	0,2151	0,9487	-0,3793	-0,0690	-0,1882	-0,7777
N (7)							1,0000	0,1233	0,8177	-0,1511	0,6016	-0,0251	-0,2247	-0,3475
C (8)								1,0000	-0,3370	-0,9426	0,1915	0,2212	-0,0872	0,8870
K (9)									1,0000	0,2643	0,3290	-0,4472	0,0844	-0,6856
Ca (10)										1,0000	-0,4209	-0,1619	-0,0407	-0,8175
Mg (11)											1,0000	0,2965	-0,1230	-0,1176
S (12)												1,0000	-0,7969	0,1919
pH (13)													1,0000	0,0397
C/N (14)														1,0000

a/ Coeficiente de correlação (r) >= |0,754|: significativo ao nível 5% de probabilidade e

r >= |0,874|: significativo ao nível 1% de probabilidade (SNEDECOR, 1950).