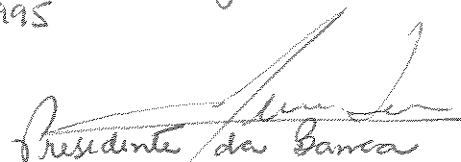


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Banca

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Regina Marcia Longo e aprovada pela Comissão Julgadora em 3 de setembro de 1994. Campinas, 17 de fevereiro de 1995


Presidente da Banca

EFBITO DA VINHAÇA IN NATURA E BIODIGERIDA EM PROPRIEDADES DE UM
SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR

^{mt}
REGINA MARCIA LONGO

Orientador: ^t
Prof. Dr. NEWTON ROBERTO BONI

Dissertação apresentada à FEAGRI/UNICAMP como cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola - Área de Água e Solo.

Campinas - SP
Setembro - 1994



A DEUS,
por me mostrar dia a dia "que o simples resolve tudo"

DEDICO

"Pensando bem, que mais
poderia alguém no mundo
desejar do que olhar
nos olhos das baleias,
conversar com as gaivotas
sobre os azimutes da
vida, procurando durante
cem dias e cem noites
um único objetivo e,
subitamente, tê-lo diante
dos olhos, ao alcance dos
pés, numa tranqüila tarde
de terça-feira"

(Amyr Klink)

Ao meu irmão MAURO,
por ter dado a chance de receber da vida
o melhor presente que ela pode me dar,
e ter mostrado na prática,
"que viver é (muito) melhor que sonhar"

e a NAIR e ao CAETANO,
porque são os melhores pais que alguém pode ter

OFEREÇO

Esta página ficou reservada para um AGRADECIMENTO ESPECIAL, para pessoas também especiais, que não fizeram parte diretamente da realização desta tese, mas que de alguma maneira contribuíram para que tudo fluísse bem, e sendo assim, não dá pra ficar sem agradecer.....

A minha QUERIDA FAMÍLIA, pela força e carinho sempre presentes;

A minha "irmã" RAQUEL e ao LUCAS, pela presença tão importante nesta fase e pela troca de boas energias;

Ao grande amigo LUIZ FERNANDO, por sua alma "cósmica" e seu imenso coração ...

A ANINHA, for Windows!! Porque você é super bacana!

Ao PAULÃO, pelos *bons dias, flor do dia*!!!!

Ao EDNALDO, pelas tantas ajudas e por sua paciência de Jó. Muito obrigada!

Ao SUSSA, pelas nossas eternas diferenças, que talvez nos façam eternos ...

Aos amigos MIGUELITO, BETÃO, JÚNIOR, RÊ, LAGROTE, SOLANGE, MARIELLA, FREITAS, PAULO RICARDO (PAOLA), DANIELA, KELINHA, WILLIAN, JUNQUEIRA, JASPION, ANDRÉIA, IVAN, YAMILHA, MANOEL, ELIANE, CRISTINE, ZÉ RICARDO, MARINHO, NILSÃO, EMÍLIA, JUNIÃO, LEILA, ZÉ HENRIQUE, DENISE, CELINA, ANDRÉ, ZANON, GILBERTO, DALBELO, CONCEIÇÃO, MARIO et al. e a todos os outros, que eu cruzei diariamente entre a sala da pós e o Labin porque vocês se tornaram muito queridos!!!!

"O beija-flor pousa na página
que se irisa com seu fulgor
Rápido, foge e deixa apenas,
no branco, uma ilusão de cor."

(Carlos Drumond de Andrade)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. NEWTON ROBERTO BONI, por sua orientação na condução deste trabalho e também pela harmonia com que tudo transcorreu até aqui;

Ao Prof. Dr. CARLOS ROBERTO ESPÍNDOLA, por apresentar-se sempre amigo e disponível em tudo o que eu precisei e pelo seu excelente astral;

Ao Prof. Dr. WANDERLEY JOSÉ DE MELO, pela ajuda prestada, pelo incentivo constante e por ser um grande espelho profissional;

Aos Drs. OTÁVIO A. CAMARGO e WESLEY J. FREIRE, pelas sugestões apresentadas durante o exame de qualificação;

A CAPES (Coordenação Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão da bolsa de estudos para a realização do mestrado;

A Destilaria São João - grupo Dedine, nas pessoas dos Eng. Agrônomos MARCOS E JOÃO e dos funcionários JOSÉ OLÍMPIO, JOÃO, REGIANE E MÁRCIA, pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho e pela excelente acolhida;

A CÉLIA, técnica do Laboratório de Solos da FEAGRI/UNICAMP, pela grande ajuda prestada na realização das análises de física do solo. Muito Obrigada.

Ao CHELI E SUELI, técnicos do Laboratório de Bioquímica de solo da FCAV/UNESP, pela ajuda e pelos bons momentos que novamente compartilhamos. Eu volto!!

Aos funcionários da FEAGRI: CLOVINHO, EDGAR, ROSE, RUBENS, SUZELI, MARA, e a todos os outros que com boa vontade sempre se dispuseram a ajudar;

A própria FEAGRI, pelas condições oferecidas e por ter se tornado uma grande família.

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	i
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	
3.1. Origem e composição da vinhaça	4
3.2. Problemática ambiental	6
3.3. Formas racionais de descarte	10
3.4. Aplicação da vinhaça no solo e a extensão de seus efeitos	12
3.4.1. Adição de matéria orgânica	13
3.4.2. Modificações na fertilidade	17
3.4.3. Modificações bioquímicas	20
3.4.4. Modificações nas propriedades físicas	22
3.4.5. Fatores limitantes à aplicação da vinhaça no solo	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	
4.1. Caracterização da área e instalação do experi- mento	27
4.2. Descrições morfológicas	30
4.3. Amostragem	31

4.4. Análises físicas	
4.4.1. Densidade do solo	32
4.4.2. Densidade de partículas	32
4.4.3. Porcentagem total de poros, macro e micro- porosidade	33
4.4.4. Análise granulométrica	33
4.4.5. Argila dispersa em água e grau de floclu- ção	34
4.4.6. Estabilidade de agregados em água, álcool e Benzeno	35
4.5. Análises do complexo trocável	35
4.6. Análises bioquímicas	
4.6.1. Urease	36
4.6.2. Nitrogênio total	37
4.6.3. Carbono orgânico	37
4.6.4. Relação C/N	38
4.6.5. Fracionamento químico da matéria orgânica.	38
4.7. Análise dos resultados	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1. Propriedades morfológicas	41
5.2. Análises físicas	
5.2.1. Densidade	
5.2.1.1. Densidade do solo	43
5.2.1.2. Densidade de partículas	46
5.2.2. Porcentagem total de poros, macro e micro- porosidade	48
5.2.3. Análise granulométrica	52
5.2.4. Argila dispersa em água e grau de floclu- ção	55
5.2.5. Estabilidade de agregados em água, álcool e benzeno	57
5.3. Complexo trocável	62
5.4. Análises bioquímicas	
5.4.1. Urease	72
5.4.2. N-total, C-orgânico e Relação C/N	74

5.4.3. Fracionamento químico da matéria orgânica.	76
6. CONCLUSÕES	82
7. APÊNDICE	84
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

LISTA DE TABELAS		Páginas
TABELA 1	- Dados de precipitação atmosférica no município de São João da Boa Vista - SP	84
TABELA 2	- Análise da composição da vinhaça "in natura" e biodigerida da Destilaria São João	27
TABELA 3	- Histórico de adubação e calagem nos setores 09 e 109 - Destilaria São João ...	28
TABELA 4	- Histórico de aplicação de vinhaça "in natura" (por caminhão) - Destilaria São João	29
TABELA 5	- Histórico de aplicação da vinhaça biodigerida (por aspersão) no setor 09 - Destilaria São João	30
TABELA 6	- Densidade de partículas e do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	48
TABELA 7	- Porosidade total, macro e microporosidade em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	50
TABELA 8	- Análise granulométrica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	53
TABELA 9	- Fracionamento da areia em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	54
TABELA 10	- Argila dispersa em água e grau de floculação em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	57

TABELA 11	- Estabilidade de agregados em água, álcool e benzeno em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	59
TABELA 12	- Bases trocáveis em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	63
TABELA 13	- pH e matéria orgânica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	70
TABELA 14	- Atividade da urease em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	73
TABELA 15	- N-total, C-orgânico e relação C/N em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	76
TABELA 16	- Fracionamento químico da matéria orgânica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	80
TABELA 17	- Descrição de morfologia em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cultivado com cana-de-açúcar que, recebeu aplicação de vinhaça	85
TABELA 18	- Descrição de cor em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural e cultivado com cana-de-açúcar, que recebeu aplicação de vinhaça	88

RESUMO

No Brasil, grande parte da frota de veículos é movida pelo álcool, produzido a partir da cana-de-açúcar, cujo processo apresenta como produtos finais, álcool (etanol) e também um resíduo denominado vinhaça. Devido à sua elevada D.B.O. (Demanda Biológica de Oxigênio), a vinhaça apresenta-se altamente poluente, quando lançada nos cursos d'água, requerendo, assim, estudos para viabilizar formas racionais de descarte ou de seu adequado aproveitamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação da vinhaça *in natura* e biodigerida em propriedades físicas, químicas e bioquímicas de um latossolo vermelho amarelo, no município de São João da Boa Vista - SP, por comparação com um ecossistema natural (cerradão). A introdução da cultura de cana-de-açúcar promoveu, em relação ao solo virgem, modificação da estrutura original do solo. Com o emprego da vinhaça, tanto *in natura* como biodigerida, houve melhorias nos atributos do solo estudado, promovendo diminuição na densidade do solo, aumento na porosidade total, no pH, na estabilidade de agregados, na atividade da urease, no N-total e C-orgânico, sendo que a vinhaça biodigerida, por apresentar teor de matéria orgânica

inferior ao da *in natura*, ocasiona efeito menos marcante. O processo de biodigestão da vinhaça reflete uma forma interessante de aproveitamento desse material, por apresentar como um dos produtos o metano, que serve como fonte alternativa de combustível, e um componente residual com boas características de fertilizante. É recomendável, entretanto, que outros estudos sejam conduzidos, no sentido de se avaliar o efeito prolongado deste resíduo no solo, no lençol freático e em aquífero subterrâneos.

ABSTRACT

A great fleet of vehicle in Brazil is impelled by alcohol produced from sugar cane. Besides the alcohol , the process also results, a residue named vinasse. Due to the high D.B.O. (Dispute of Biological Oxygen), the vinasse shows high pollution when throw off in water courses. This procedure demands, therefore, effort to learn the possible ways of logical discard or the adequate utilization of the residue. The objective of this work was to evaluate the effects of the application of non-treated and biodigested vinasse on soil physical, chemycal and biochemical properties in a Latossolo Vermelho-Amarelo São João da Boa Vista, São Paulo state. The analysis of soil properties showed that the introduction of the sugar cane crop in the virgin soil, promoted changes on original structure. The application of non-treated, or biodigested vinasse, brought about changes in soil attributes. Biodigested residue has lower proportion of organic matter, and so, its effect was less evident than non-treated vinasse. The biological treatment of vinasse results in a good alternative, because methane is obtained from this process and final obtained residue appears to be a good soil fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

A vinhaça, vinhoto, restilo ou garapão, é um subproduto da indústria alcooleira, ocorrendo, em média, na proporção de 13 litros por litro de álcool produzido.

De composição altamente variável, em função da matéria-prima que lhe deu origem e do processo industrial utilizado, este subproduto constitui-se, fundamentalmente, de água (96-98%), material orgânico e sais minerais (2-4%).

O material orgânico presente é responsável pelo seu alto poder poluente em cursos d'água (Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO entre 12.000-20.000 ppm de oxigênio), o que, aliado às grandes quantidades produzidas, faz da mesma um subproduto da atividade agroindustrial que tem despertado grande preocupação, no sentido de viabilizar o seu reaproveitamento ou descarte adequado.

Entre as várias alternativas para utilização da vinhaça destacam-se: a produção de biogás (gás metano), a produção de proteína microbiana (biomassa) e a aplicação em solos agrícolas, *in natura* ou concentrada (fertirrigação), como também biodigerida, atuando como condicionador de solo e/ou fornecendo nutrientes às plantas (fertilizante).

Em relação ao solo, os efeitos da água, do material orgânico e dos elementos minerais provocam nos atributos físicos e químicos alterações.

A água, componente quantitativamente mais importante, fornecida aos solos (especialmente àqueles cultivados com cana-de-açúcar), reduz a intensidade do "stress hídrico" a que a cultura, normalmente, acha-se submetida em algumas regiões.

Aos efeitos benéficos do material orgânico sobre a fertilidade do solo, somam-se a melhoria na estabilidade dos agregados do solo, na porosidade, na aeração e na capacidade de retenção de água; aumenta também a CTC e, em consequência, melhora a adsorção de cátions, reduz a saturação em alumínio, pela complexação e precipitação de óxidos solúveis.

A fração mineral da vinhaça caracteriza-se por elevados teores de potássio, promovendo, assim, uma substituição parcial da adubação mineral, sendo necessária a realização de suplementações com nitrogênio e fósforo. Entretanto, o potássio em excesso pode levar o solo a uma condição de salinização, indesejável sob a óptica da fertilidade, uma vez que a recuperação do mesmo exige uma seqüência complexa de operações, com resultados bastante demorados.

Portanto, a vinhaça é um subproduto que, devido às suas características, vem merecendo estudos para viabilizar seu descarte adequado ou sua correta utilização.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da vinhaça *in natura* e biodigerida (esta última aparecendo como resíduo da produção de gás metano por biodigestão) sobre atributos físicos, químicos e bioquímicos de um latossolo vermelho-amarelo textura média, que vem recebendo o resíduo por certo período de tempo, por comparação com um ecossistema natural (cerradão) e com a cultura de *Eucalyptus citriodora*, que ocorrem na mesma unidade de solo, e as possíveis extensões desses efeitos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ORIGEM E COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA

A vinhaça é um subproduto da agroindústria alcooleira resultante da produção de álcool (etanol), butanol e aguardente. Inicialmente, têm-se os mostos, que são os líquidos susceptíveis à fermentação, uma vez fermentados passam a constituir os vinhos. Destilando-se os vinhos, recupera-se o álcool produzido pela fermentação alcoólica na forma de um líquido alcoólico denominado flegma, de concentração variável, restando um resíduo que é a vinhaça. Esse resíduo final apresenta-se como um líquido de coloração parda, escurecendo-se à medida que é oxidado pela exposição ao ar. O seu pH é usualmente baixo (4,3 a 5,0), e a presença de ácido sulfúrico livre usado nas dornas de fermentação torna-o corrosivo (REZENDE, 1984).

Segundo ALMEIDA (1955), a vinhaça é produzida, em média, na proporção de 13 litros para cada litro de álcool obtido. Essa proporção depende, porém, de alguns fatores como composição percentual do mosto em açúcares totais

fermentáveis, maior ou menor precisão com que se realizou a fermentação alcoólica, sistema de destilação adotado e tipo de líquido alcoólico desejado na destilação dos vinhos.

Segundo SILVA & ORLANDO F^o (1981), para a produção de álcool a partir da cana-de-açúcar utilizam-se, basicamente, três tipos de mosto: de melaço, de caldo e misto (mistura de caldo com melaço ou méis, em diferentes proporções).

A composição da vinhaça, portanto, é extremamente variável, dependendo principalmente da composição do vinho submetido à destilação, que, por sua vez, está na dependência de diversos outros fatores, tais como: natureza e composição da matéria-prima, sistema usado no preparo do mosto, método de fermentação adotado e modo de conduzir a fermentação alcoólica, raça de levedura utilizada, tipo de aparelho destilatório, maneira de destilação e tipo de flegma separado.

Os primeiros trabalhos sobre a composição da vinhaça, apresentados por ALMEIDA (1952a,b), RANZANI et al. (1953) e FILGUEIRAS (1955), já evidenciavam sua riqueza em matéria orgânica e elementos minerais, dentre os quais o potássio, que aparecia em maior concentração em relação aos demais elementos.

RODELLA & FERRARI (1977), analisando a vinhaça de diferentes procedências e trabalhando com diferentes tipos de

mosto, constataram a grande variação na sua composição, por terem trabalhado com vinhaça proveniente de diversas destilarias. Entretanto, através dos resultados obtidos, os autores observaram uma semelhança na composição, permitindo, dessa forma, que o resíduo pudesse ser empregado para uma mesma finalidade, variando apenas a quantidade aplicada.

3.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

A vinhaça é um resíduo que se apresenta como um dos grandes fatores de poluição, quando descartada em cursos d'água, devido à sua alta taxa redutora, exigindo, conseqüentemente, uma grande quantidade de oxigênio para se oxidar; é um dos mais volumosos resíduos produzidos pela agroindústria; é um dos resíduos mais ácidos e corrosivos e resistir bastante à maioria dos tratamentos usualmente empregados para outros resíduos industriais, devido as suas características químicas (ALMEIDA, 1962).

Segundo ALMEIDA (1955), a vinhaça lançada nos rios, devido a sua elevada D.B.O. (Demanda Biológica de Oxigênio), entre 12.000 a 20.000 ppm, é considerada extremamente nociva, causando prejuízos a qualquer forma de vida aquática. A ação ictiotóxica da vinhaça repousa principalmente sobre duas causas principais: falta absoluta de oxigênio nela dissolvido e a extrema variação que provoca no pH do meio.

Por ser a vinhaça muito diluída e conter praticamente toda sua matéria orgânica na forma coloidal, encontrada em ótimas condições para uma decomposição rápida, putrefaz-se com facilidade. Aumentando-se a quantidade e a concentração de vinhaça escoada para o rio, eleva-se aí a percentagem de matéria orgânica coloidal, que irá sofrer fermentação com, conseqüentemente, consumo de oxigênio. Quando a desoxigenação da água atingir um limite inferior a 3,5 mg/l, as condições de vida serão restringidas e os peixes serão sacrificados por asfixia.

Segundo REZENDE (1984), além da subtração de oxigênio e variação no pH do meio, deve-se considerar ainda que a vinhaça, quando lançada nos rios, provoca eutrofização e turbacão das águas, cuja ação poluidora afeta sensivelmente a flora e a fauna aquáticas. Quanto à poluição de águas subterrâneas, as "lagoas de estabilização" de vinhaça podem ser consideradas como fontes pontuais de poluição e também como fontes dispersas, desde que, no segundo caso, abranjam uma área superior a 100 ha.

Estudos realizados por JESUS et al. (1983) em bacias de acumulação, localizadas em diversas usinas no norte fluminense (RJ), permitiram constatar alta taxa de infiltração do resíduo no solo em comparação à taxa de evaporação, bem como

evidenciaram apenas uma diminuição do volume da vinhaça, sem contudo haver alteração na D.B.O..

VERONESE (1978), avaliando os riscos de contaminação e medidas de controle para a preservação da qualidade das águas subterrâneas na região de Ribeirão Preto (SP), relatou que a disposição de vinhaça em lagoas de estabilização pode ser barata e vantajosa para o industrial, mas não representa solução para a preservação do ambiente, pois resultará na condenação de grandes áreas com potencial para a exploração da água subterrânea.

Quanto ao solo, todos os fertilizantes, em determinadas condições, revelam a propriedade de elevarem a concentração da solução do solo e, portanto, de aumentarem a pressão (ou sucção) osmótica. A consequência deste efeito sobre as plantas depende da quantidade, qualidade e localização do fertilizante em relação à semente ou à muda.

Os resultados de experimentos conduzidos por WHITE & ROSS (1935, 1936) e RADER et al. (1943) demonstram que para uma mesma quantidade de nutrientes (N, P_2O_5 e K_2O) os fertilizantes fosfatados exercem pouca ação sobre a pressão osmótica da solução do solo, enquanto que os adubos nitrogenados (com exceção da amônia) e os potássicos apresentam os maiores

efeitos (cabe ressaltar que a vinhaça apresenta uma composição bastante rica em potássio).

Assim, segundo GLÓRIA (1976) e GLÓRIA & ORLANDO F^o (1984 a,b), deve-se atentar para as quantidades de vinhaça aplicada por hectare como fertilizante e os possíveis problemas que isso poderá provocar no solo. Naturalmente, tais problemas dependem muito da composição do resíduo, do clima (no Nordeste do Brasil os riscos de salinização são maiores), dos solos (aqueles com drenagem imperfeita são mais suscetíveis à salinização), da planta e da quantidade aplicada.

REZENDE (1979) verificou que a vinhaça contribui para a elevação da condutividade elétrica do extrato de saturação e, conseqüentemente, para a pressão osmótica da solução do solo. Quando aplicada em superfície tal aumento ocorre principalmente nos centímetros superficiais do solo.

SILVA et al. (1983) observaram que a condutividade elétrica do extrato de saturação de um solo que recebeu vinhaça aplicada, sem adubação mineral, elevou cinco vezes mais aquele valor do que o solo original; porém, esses valores estão muito abaixo do índice crítico de salinização do solo.

GLÓRIA (1976) e GLÓRIA & ORLANDO F^o (1984a,b) mencionaram que até 50 m³/ha/ano de vinhaça de mosto de melão a

quantidade não representa perigo de salinização porquanto representam níveis de adubação cálcica e sulfatada já praticada em outros países, há longos tempos, sem problemas de salinização.

FERREIRA & MONTEIRO (1987) ressaltaram que o uso indiscriminado da vinhaça pode causar problemas, principalmente com a aplicação de doses excessivas. Diversos outros autores tem levado em consideração a taxa de aplicação de vinhaça ao solo. Assim, MENGEL & KIRKBY (1978) observaram que altas concentrações de sais solúveis no solo pode levar o vegetal a uma menor resistência à seca. Levando em conta a importância do equilíbrio catiônico para as plantas (LOUE, 1978), o desbalanceamento provocado pela aplicação de doses inadequadas de vinhaça pode vir a ser prejudicial às culturas (ROSSIELO et al., 1981). Segundo ORLANDO F^o (1983), doses elevadas de vinhaça, em razão do alto conteúdo de potássio, podem reduzir a produtividade e prejudicar a qualidade industrial da cana-de-açúcar. Segundo BAPTISTELLA et al. (1981), dosagens excessivas de vinhaça também provocam redução na produtividade da cana-de-açúcar.

3.3. FORMAS RACIONAIS DE DESCARTE

O aproveitamento racional da vinhaça tem se constituído num grande desafio nacional, principalmente após a implantação

do Pró-Álcool e que teve como consequência uma elevação substancial na produção do resíduo no processo industrial (REZENDE, 1984).

Tal qual ocorre com outros resíduos industriais, vários pesquisadores têm se preocupado com o destino a ser dado para a vinhaça. Com base na sua composição química tem-se discutido a sua utilidade (ROTEMBERG, 1974; CAMPOS, 1980; MENEZES, 1980).

MENEZES (1980) apresentou algumas formas de descarte de vinhaça relacionadas a seguir:

- * Concentração da vinhaça por evaporação - que poderá ser usada como ração animal e/ou fertilizante, apresentando como limitação o elevado custo do investimento inicial;

- * Incineração da vinhaça concentrada - resultando na produção de energia calorífera e cinzas, apresentando como fatores limitantes os riscos de poluição e os custos para a implantação do sistema;

- * Produção de proteínas (biomassa) - o tratamento fúngico da vinhaça, visando a conversão da matéria orgânica em biomassa protéica para a produção de ração, implica na resolução de dois problemas: o da preservação do ambiente e da carência de alimentos, mas o material originado é perecível e com carência de mercado consumidor;

* Fermentação anaeróbica (produção de biogás) - além de reduzir a D.B.O. da vinhaça em 70 a 90%, a quantidade de gás produzido serve como fonte adicional de combustível. No caso de grandes destilarias torna-se inviável o aproveitamento devido ao extraordinário volume de resíduo produzido;

* Lagoas de estabilização de vinhaça - bacias de acúmulo de vinhaça, que apresentam como principal problema a salinização do solo nestes locais, tornando-se fonte pontual de poluição;

* Lançamento da vinhaça "in natura" no mar - por ser um corpo depurativo infinitamente maior do que um rio, o mar promove uma decomposição rápida e segura da matéria orgânica contida na vinhaça. No entanto, apresenta como fator limitante o alto custo para implantação de dutos de condução.

* Lançamento da vinhaça "in natura" no solo. Este assunto será abordado no item 3.4.

3.4. APLICAÇÃO DA VINHAÇA NO SOLO E A EXTENSÃO DESSES EFEITOS

Alguns estudos já foram realizados no sentido de se avaliar os efeitos da adição de vinhaça no comportamento dos solos cultivados. Esses estudos dizem respeito aos efeitos desse resíduo sobre atributos físicos, químicos e bioquímicos dos solos, e estão dispostos nos itens a seguir:

3.4.1. Adição de matéria orgânica

Como na sua composição a vinhaça apresenta um teor de matéria orgânica considerável, e levando-se em conta as grandes quantidades aplicadas, é de se esperar que, ao ser aplicada ao solo, a vinhaça promova modificações em suas propriedades ao longo do tempo. De acordo com as observações de ALMEIDA (1952), a matéria orgânica da vinhaça é instável e ao ser aplicada ao solo ela se decompõe facilmente. Conseqüentemente, uma série de transformações nas propriedades do solo devem ocorrer e tais transformações seguem os mais diversos caminhos.

Glória e Orlando F^o, apud ORLANDO FILHO et al. (1983), relatam que, devido ao predomínio da matéria orgânica na composição da vinhaça, sua adição ao solo constitui inicialmente uma fertilização orgânica; nesse caso, deve-se esperar os seguintes efeitos da matéria orgânica: elevação do pH, aumento da disponibilidade de alguns nutrientes; aumento da capacidade de retenção de água; melhoria na estruturação do solo; diminuição da disponibilidade de nitrogênio e aumento da atividade microbiana do solo.

De acordo com BAVER et al. (1973) a matéria orgânica é fonte de energia e nutrientes para os microrganismos; assim, quando incorporada ao solo contribui para um sensível aumento

na atividade e na população microbiana. Por outro lado, em decorrência da mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos, adiciona ao meio elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Segundo BROWNING & MILAN (1944), a incorporação de matéria orgânica favorece a infiltração da água, diminui a tendência de dispersão das partículas do solo quando do impacto das gotas de chuva, reduz as perdas de terra por erosão e beneficia a relação água-ar nos solos. Com base na vasta informação científica sobre os efeitos da matéria orgânica na fertilidade dos solos, o autor evidencia que fatores como solo, clima, população microbiana, tipo e quantidade de matéria orgânica influenciam a resposta que se pode esperar após a aplicação de resíduos orgânicos no solo.

Considera-se que só a fração coloidal (húmus), constituída principalmente por ácidos húmicos (50 a 80%) e polissacarídeos (10 a 30%), influi significativamente na maioria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tais como melhoria na estrutura, aumento da permeabilidade e da capacidade de absorção d'água, incrementos na capacidade e troca de cátions (fonte de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas) acréscimo no poder de tamponamento e redução de perdas de íons nutrientes por lixiviação. Já a fração não humificada é, principalmente, uma

importante fonte de alimento e energia para os macro e microrganismos, além de estimular o crescimento de raízes.

Esses efeitos podem ser mais ou menos acentuados, dependendo do estado e da natureza da matéria orgânica; isso porque o humus produz substâncias inibidoras ou ativadoras de crescimento do organismo, atuando também na liberação de elementos como carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e boro, principalmente. Participa ainda da fixação de fósforo, enxofre e potássio pelos minerais e, finalmente, reduz a atividade do alumínio, manganês e cobre, diminuindo, assim, os efeitos tóxicos destes elementos, pela formação de complexos.

A ação da matéria orgânica sobre a estabilização da estrutura do solo diz respeito a modificações na coesão e molhabilidade (HENIN et al., 1976). Contudo, o efeito da matéria orgânica está diretamente relacionado aos constituintes do humus: ácidos húmicos e fúlvicos, bem como a humina, que apresenta grande resistência à destruição pelos microrganismos e por conseguinte, de ação muito persistente no solo. Segundo ainda os mesmos autores, o efeito da matéria orgânica sobre a estrutura do solo dá-se pela contribuição de longas moléculas de poliacrilatos, que agem diretamente sobre as forças de coesão. Tais moléculas têm um efeito prolongado sobre a estrutura, diferentemente de substâncias transitórias provenientes da atividade da macro e microfauna do solo.

Assim, moléculas orgânicas menos resistentes à ação de microrganismos não podem ser consideradas como agentes cimentantes do solo com uma ação prolongada, porque são eliminadas durante o processo de decomposição.

Neste sentido, MINHONI et al. (1990) relataram que a velocidade de decomposição reflete o grau de biodegradabilidade do material orgânico adicionado ao solo; materiais mais simples como a glicose e a vinhaça são mais rapidamente degradados do que palha de soja, milho ou bagaço de cana-de-açúcar.

A matéria orgânica é um dos principais agentes cimentantes das partículas primárias e secundárias do solo, influenciando, portanto seu estado de agregação, favorecendo sua aeração e aumentando a capacidade de retenção de água. Com o incrementando o teor de matéria orgânica há melhor distribuição de micro e macroporos, melhor estruturação, com uma diminuição da densidade do solo, o que favorece a exploração de um maior volume pelas raízes. A qualidade estrutural é uma dos atributos físicos mais importantes, pois influencia a infiltração de água e a suscetibilidade do solo à formação de crosta superficial, propiciando a degradação da estrutura.

BAVER (1972) observou uma correlação direta entre porcentagem de agregados maiores que 0,1 mm estáveis em água com o teor de carbono orgânico de vários solos; verificou também correlações entre carbono orgânico e agregação em solos com menos de 25% de argila. Esses dados confirmam os obtidos por CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) em Latossolo Roxo àlico.

3.4.2. Modificações na Fertilidade do Solo

Ao contrário do que se supõe, a matéria orgânica adicionada ao solo (com exceção da glicose e possivelmente outros carboidratos semelhantes) contribui para o aumento do pH. Variações no pH e nas concentrações de Al ou Al + H em solos que receberam a aplicação de vinhaça tem sido registradas por diversos autores (ALMEIDA et al., 1950; CALDAS, 1960; GLÓRIA, 1976; GLÓRIA & MAGRO, 1976; NUNES et al., 1982; SOBRAL et al., 1981; SULTANUN & SILVA, 1981; VALSECHI & GOMES, 1954), de onde se extrai que estas alterações estão em função do tempo decorrido desde a aplicação da vinhaça e também da profundidade do solo. SILVA et al. (1978) observaram que os valores de pH de um Latossolo Vermelho Escuro, aos 12 meses após a aplicação da vinhaça, foram inferiores aos determinados aos 6 meses. Em CALDAS (1962a) verifica-se que o emprego da vinhaça reduziu a acidez apenas na camada superficial (0-15cm) do solo. Segundo GLÓRIA (1976), as maiores reduções nos teores de acidez total, dentro

de um período de 5 anos de observação sobre o efeito da vinhaça no solo, ocorreram a partir do terceiro ano.

Em relação ao aumento na disponibilidade de nutrientes, vários autores observaram elevações nos teores de fósforo assimilável, nos teores trocáveis de potássio, cálcio e magnésio e reduções dos teores de sódio trocável e acidez do solo. NUNES et al. (1982) verificaram incrementos positivos nos teores trocáveis de cálcio e magnésio em solo Podzólico Vermelho-Amarelo devidos à aplicação de doses crescentes de vinhoto (0-400 m³/ha), após 35 dias de incubação com este resíduo. SULTARUM & SILVA (1981) verificaram um aumento nos teores trocáveis de cálcio e magnésio diretamente relacionados com as dosagens de vinhaça aplicada e menos dependente do nível original de fertilidade do solo. SOBRAL et al. (1981) constataram que a aplicação de doses crescentes de vinhaça no solo provocou razoável aumento nos teores de Ca, ao longo de duas épocas de observação (3 e 12 meses), enquanto que os teores de magnésio permaneceram inalterados.

Há unanimidade na literatura quanto ao enriquecimento no teor de potássio trocável no solo em consequência da aplicação de vinhaça (ALMEIDA et al., 1950; CALDAS, 1960, 1962a, 1962b; GLORIA, 1976; NUNES et al., 1981, 1982; VALSECHI & GOMES, 1954), tendo alguns autores associado este fenômeno

ao tempo de uso ou período de aplicação após o emprego do vinhoto (COPERSUCAR, 1978; GLÓRIA, 1976; SOBRAL et al., 1981).

Segundo SEGIK et al. (1988) a vinhaça apresenta alto potencial para promover alterações no solo, em decorrência de seus constituintes: teores de bases trocáveis (CA, Mg e K) e o carbono orgânico, bem como devido à sua condutibilidade elétrica. Entretanto nos solos estudados ocorreram alterações notáveis a uma profundidade de 0 - 10 cm e de expressão secundária a 10 - 20 cm, apenas nas doses mais elevadas de vinhaça. A partir dessa profundidade as características estudadas permaneceram praticamente inalteradas. Estes resultados concordam com os obtidos por REZENDE (1979), que observou, em condições de campo, que os efeitos da aplicação de vinhaça restringiram-se apenas à camada superficial do solo, não ultrapassando a profundidade de 15 cm. Os resultados obtidos nesse trabalho permitiram verificar que os efeitos da aplicação da vinhaça sobre propriedades do solo limitam-se às suas camadas superficiais. Em doses mais elevadas de vinhaça (400 m³/ha) houve efeito a maiores profundidades.

Pelo que se observa na literatura, as alterações causadas pela vinhaça, nos atributos físicos e químicos do solo estão sujeitas a variações ao longo do tempo, chegando mesmo a se anularem, na dependência das propriedades originais do solo e

da dosagem aplicada (COPERSUCAR, 1978; ORLANDO F^o et al., 1983; REZENDE, 1984; SILVA et al., 1978 e SULTANUM & SILVA, 1981).

4.4.3. Modificações bioquímicas no solo

Uma das mais notáveis constatações é a extraordinária proliferação de microrganismos úteis ao solo pela aplicação da vinhaça. Segundo Glória e Orlando F^o apud ORLANDO F^o et al. (1983), a proliferação de microrganismos nos solos tratados com este resíduo é elevada, predominando os fungos. Esta proliferação é intensa até 30 dias após a aplicação da vinhaça e tende a cair posteriormente. Entretanto, deve ser ressaltado que esta situação ocorre quando se acrescentam quantidades elevadas do resíduo. Para quantidades da ordem de 30 a 50 m³/ha de vinhaça de mosto de melaço e de até 100 m³/ha das vinhaças de mosto misto ou de caldo, a adição de matéria orgânica através da vinhaça não é suficiente para sugerir uma ação mais efetiva da matéria orgânica, pelo menos a curto prazo.

Devido à sua origem, a vinhaça pode ser considerada um "extrato de levedura" diluído, constituindo um meio complexo que favorece o desenvolvimento de uma gama variada de microrganismos, especialmente quando de sua aplicação ao solo como fertilizante (CAMARGO, 1954; CALDAS, 1960). Dessa forma,

pode alterar os diversos processos biológicos, tais como mineralização e imobilização de nitrogênio, nitrificação, denitrificação e fixação biológica do nitrogênio.

A vinhaça constitui excelente fonte de material carbonáceo energético prontamente assimilável, na forma, principalmente, de pentoses e ácidos orgânicos, presentes numa concentração variável entre 1 e 2% (BRASIL, 1981). Logo, a adição de vinhaça a um solo cujo teor de carbono total é da ordem de 0,9% estimula o crescimento dos microrganismos que estão geralmente limitados pelo suprimento de material energético.

Essa limitação afeta principalmente os microrganismos fixadores de nitrogênio (KNOWLES, 1977), já que seu processo de fixação tem demanda teórica mínima de 1,7 g de carbono por grama de nitrogênio fixado (NEVES, 1982). Já o crescimento dos demais microrganismos está na dependência também da disponibilidade de nitrogênio, interagindo, dessa forma com as populações de bactérias fixadoras.

Segundo NEVES et al. (1983), se considerar o processo de denitrificação como ocorrendo em taxas significativas, a contribuição de fixação do nitrogênio deve ser ainda mais substancial. Entretanto, apesar de intensas, todas as mudanças nos processos biológicos medidos, provocados pela adição de vinhaça no solo, foram temporárias e desapareceram com a exaustão dos substratos energéticos presentes na vinhaça.

Quanto às enzimas do solo, estas desempenham importante papel nos ciclos biogeoquímicos, realizando reações de fixação, oxidação, redução e hidrólise, convertendo o material orgânico necessário para a manutenção do equilíbrio em ecossistemas (BURNS, 1977; SKUJIS, 1976). A adição de vinhaça em doses cumulativas inibiu parcialmente a atividade da fosfatase ácida e aumentou a mobilização dessa enzima (PALMA et al., 1988). O efeito temporário da vinhaça sobre a atividade da fosfatase também foi encontrada para a atividade de outras enzimas como a celulase, amilase, invertase e urease (TAUK, 1987).

3.4.4. Modificações em propriedades físicas do solo

Poucos são os trabalhos que discorrem sobre o efeito da vinhaça nas propriedades físicas do solo. RANZANI (1956) estudando esse efeito constatou aumentos na capacidade máxima de retenção de água e na porosidade total. REZENDE (1979), constatou que num período de até 120 dias após a aplicação não houve modificações significativas na porosidade total, microporosidade, macroporosidade, retenção de água, nem no estado de flocculação das partículas, mas a condutibilidade elétrica da solução do solo aumentou com a quantidade de vinhaça aplicada, devido principalmente ao nitrogênio e ao potássio. A melhoria da estrutura pela ação da vinhaça, é devida à aglutinação das partículas do solo, melhorando sua

porosidade indiretamente pela ativação da vida microbiana no solo (Glória e Orlando F^o, apud ORLANDO F^o et al., 1983).

Segundo vários autores, em uma comparação feita entre solos cultivados e não cultivados, observa-se que os valores de porosidade total nos solos cultivados são, em geral, inferiores aos encontrados nos solos sob vegetação natural (MOURA & BUOL, 1972; MACHADO et al., 1981 e MORAES, 1984). RANDO (1981) encontrou aproximadamente 65% de porosidade total para Latossolos Roxos sob mata, contra 59% para o mesmo solo cultivado.

BAVER et al. (1972) afirmam que solos argilosos e solos orgânicos possuem porosidade superior a 50% e que a porcentagem de poros grandes aumenta com a agregação do solo e com o diâmetro dos agregados.

Segundo HILLEL (1971), o cultivo provoca aumento na microporosidade, o que se deve à redução nos poros de grande tamanho. RANDO (1981) afirma que isso se deve ao rearranjo das unidades estruturais do solo, fazendo com que estas fiquem mais próximas entre si, o que, conseqüentemente, aumenta a porcentagem de poros com diâmetro igual ou menor a 0,05 cm. Para WARKENTIN (1971) o principal efeito da compactação é reduzir a macroporosidade.

CAMARGO et al. (1983), observando o efeito da aplicação de vinhaça por longo tempo no solo, constataram que a agregação do solo em área que recebeu vinhaça pela última vez há três anos foi maior que a da área que não recebeu vinhaça, tudo indicando que esta elevação seja devida ao aumento no teor de matéria orgânica e sua metabolização por microrganismos. Observaram também que o limite de plasticidade aumentou nas parcelas com alto teor de matéria orgânica e que a vinhaça não influenciava no teor de água disponível.

SILVA & RIBEIRO (1992), estudando a influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar em atributos morfológicos e físicos do solo, observaram que nas condições do manejo adotado o cultivo não alterou de forma expressiva os parâmetros analisados, podendo ser apenas observadas pequenas modificações restritas ao horizonte superficial.

CAMARGO et al. (1983) verificaram não haver influência dos tratamentos com vinhaça na composição granulométrica de um Latossolo Vermelho Escuro textura média. Resultados diferenciados foram observados por AGUIAR et al. (1991) quando uma dose de vinhaça igual a 200 m³ foi aplicada em um Latossolo Roxo, promovendo acréscimos no teor de argila de forma inversamente proporcional ao teor de areia fina.

Segundo CAMARGO et al. (1988) não houve alterações na densidade aparente e na porosidade em um solo tratado com vinhaça. Esses resultados diferem dos obtidos por FONTES (1989), que encontrou reduções na densidade aparente e aumentos na porosidade total de solos que receberam vinhaça.

CAMARGO et al. (1983) verificaram aumentos na estabilidade dos agregados justificada pela maior atividade microbiana, acompanhada de um aumento na produção de mucilagem, que favorecia a agregação dos solos tratados com vinhaça.

RIBEIRO et al. (1983) procuraram avaliar o efeito de diferentes tipos de vinhaça sobre a dispersão da fração argila de amostras de seis Latossolos com diferentes texturas e verificaram que as vinhaças atuaram como dispersantes nos solos de textura média e flocculantes nos solos de textura argilosa; a vinhaça com maior concentração de cátions apresentou menor efeito de dispersão em todos os solos. Os autores concluíram que o efeito das vinhaças sobre a dispersão depende da concentração e do balanço de cátions da vinhaça, além da natureza da fração argila. Neste particular, as vinhaças originárias de cana-de-açúcar de região litorânea deverão exercer maior ação dispersante, devido, principalmente, ao teor de sódio que apresentam.

As conseqüências da dispersão do sistema coloidal do solo são bem conhecidas: riscos de empobrecimento do solo, devido à maior facilidade de arrastamento da fração mais ativa pela água das chuvas; riscos de formação de crostas superficiais e adensamentos diminuindo o espaço poroso do solo e, conseqüentemente, o armazenamento de ar e de água e formação de impedimentos mecânicos à afloração da plântula e crescimento radicular.

3.4.5. Fatores limitantes à aplicação de vinhaça no solo

Segundo REZENDE (1984) os principais fatores limitantes do uso da vinhaça "in natura" como fertilizante são: a quantidade de água contida na vinhaça, onerando os custos de aplicação; desproporção entre íons constituintes da vinhaça, possibilitando uma adubação desbalanceada; presença de ácido sulfúrico altamente corrosivo, prejudicando os equipamentos de irrigação; riscos de salinização do solo, caso se verifique o uso desordenado e abusivo do resíduo, podendo provocar dispersão do sistema coloidal (alterando drasticamente o comportamento do solo) ou, ainda, contaminar os lençóis de água subterrânea.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

A área em estudo localiza-se na Fazenda Lagoa Formosa - Destilaria São João, no município de São João da Boas Vista, SP.

O solo foi classificado como sendo um latossolo vermelho-amarelo textura média sob um relevo suavemente ondulado.

TABELA 2 - Análise da composição da vinhaça "in natura" e biodigerida da Destilaria São João.

DETERMINAÇÃO(*)	COMPOSIÇÃO MÉDIA DA VINHAÇA	
	IN NATURA	BIODIGERIDA
Matéria Orgânica (g/l)	9,76	3,52
Carbono Total (g/l)	5,42	1,96
Nitrogênio Total (g/l)	0,20	0,16
Resíduo Mineral Total (g/l)	4,72	3,63
Resíduo Mineral Insolúvel (g/l)	0,29	0,52
Resíduo Mineral Solúvel (g/l)	4,43	3,11
Relação C/N	27/1	12/1
Fósforo (g/l)	0,14	0,10
Potássio (g/l)	1,95	1,10
Cálcio (g/l)	0,21	0,28
Magnésio (g/l)	0,22	0,11
Enxofre (g/l)	0,26	0,08
pH	3,50	4,70

(*) Análise feita pelo Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Os dados de precipitação pluviométrica (1983 - maio de 1993) foram obtidos junto à destilaria e encontram-se no

TABELA 1. As trincheiras foram abertas durante o mês de junho de 1993.

TABELA 3 - Histórico de adubação e calagem nos setores 09 e 109 da Destilaria São João

SETOR	ANO	TIPO DE OPERAÇÃO	ADUBAÇÃO	QUANTIDADE (Kg/ha)
09	1983	Plantio	5-25-25	500
109		--	--	--
09	1984	Cultivo	20-5-20	200
109		--	--	--
09	1985	Reforma	Calcário Dolomítico	2980
109		Plantio	4-30-16	500
09	1986	Plantio	4-30-16	526
109		Cultivo	21-0-0	413
09	1987	Cultivo	21-0-0	433
109		Cultivo	21-0-0	410
09	1988	Cultivo	21-0-0	430
109		Cultivo	21-0-0	410
09	1989	Cultivo	32-0-0	459
109		Cultivo	21-0-0	400
09	1990	Reforma/Cult.	Calcário D./21-0-0	2000/450
109		Reforma	--	--
09	1991	Cultivo/Colh.	21-0-0	400
109		Plantio	3-12-6,4	12
				1107/5373
09	1992	Reforma	Gesso/Calcário	700
109		Cobertura	7-0-10	
				1253
09	1993	Plantio	3-12-6,4	1250
109		Cultivo	8-12-8	

O histórico de aplicação (Tabelas 4 e 5), composição química da vinhaça *in natura* e biodigerida (Tabela 2) e adubação e calagem (Tabela 3) foram adquiridos junto à Destilaria e sendo analisados posteriormente.

A vinhaça biodigerida obtida junto à destilaria passa por um sistema de biodigestão, que produz como matéria final gás metano, que serve como fonte combustível para sua frota automotiva, e como resíduo uma vinhaça com uma quantidade de material orgânico e mineral inferior ao da vinhaça *in natura*.

TABELA 4 - Histórico de aplicação de vinhaça *100% Natural* (por caminhão) nos setores 09 e 109 da Destilaria São João.

SETOR	ANO	t. DE VINHAÇA	AREA(ha)	t/ha
09	1983	--	--	--
109		--	--	--
09	1984	1.369	13,99	97,86
109		--	--	--
09	1985	--	--	--
109		--	--	--
09	1986	--	--	--
109		696,5	3,77	184,75
09	1987	2.038,3	13,99	145,70
109		659,5	3,77	175,00
09	1988	1978,2	13,99	141,40
109		659,4	3,77	174,91
09	1989	2.725,8	13,99	194,84
109		600,6	3,77	159,31
09	1990(*)	1.370,6	13,99	97,97
09	1991	1.509,2	13,99	107,87
09	1992	--	--	--
09	1993(**)	708,4	13,99	102,66

(*) - Apartir de 1990 não houve aplicação de vinhaça no setor 109

(**) - Aplicação feita em 10/05 e 19/05

TABELA 5 - Histórico de aplicação de vinhaça biodigerida no setor 09 da Destilaria São João.

SETOR	ANO	t. DE VINHAÇA	AREA(ha)	QUANTIDADE (t./ha)
09	1983	--	--	--
09	1984	--	--	--
09	1985	--	--	--
09	1986	238,8	0,86	277,67
09	1987	242,0	1,0	242,00
09	1988	2.040,7	3,36	1.000,1
09	1989	--	--	--
09	1990	2.666,4	6,0	444,4
09	1991	--	--	--
09	1992	--	7,9	--
09	1993(*)	1.354,81	7,9	171,52

(*) - Aplicação feita em 02/06

4.2. DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS

Foram efetuadas descrições de perfis verticais de solo, incluindo-se a identificação dos horizontes e notações das características morfológicas de cada um, individualmente, caracterizando a espessura, cor, textura, estrutura, consistência, transições, porosidade e atributos julgados de significado particular aos estudos empreendidos, em cada uma das cinco trincheiras abertas. Os procedimentos utilizados foram basicamente os recomendados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (LEMOS & SANTOS 1984).

4.3. AMOSTRAGEM

No local do experimento, foram abertas cinco trincheiras de 1m x 1m x 1,70m. Essas trincheiras encontravam-se sob as seguintes coberturas vegetais:

- 1ª trincheira - vegetação natural (cerradão);
- 2ª trincheira - *Eucalyptus citriodora*;
- 3ª trincheira - Cana-de-açúcar que recebeu vinhaça "in natura", distribuída por caminhão;
- 4ª trincheira - Cana-de-açúcar, que recebeu vinhaça *in natura* + vinhaça biodigerida (mistura), por canal de irrigação;
- 5ª trincheira - Cana-de-açúcar, que não recebeu aplicação de vinhaça nos últimos quatro anos.

Depois de abertas as trincheiras, foram retiradas amostras de cada horizonte para as diferentes análises de laboratório, nas quatro faces das trincheiras.

As amostras para análise de densidade do solo, porosidade total e macro e microporosidade foram retiradas com anel volumétrico.

As amostras para análise de agregados foram retiradas, transportadas e armazenadas de modo tal que os torrões permanecessem intactos, conservando a umidade natural.

Para as análises químicas e bioquímicas, as amostras foram retiradas com o auxílio de uma pá e acondicionadas em sacos de polietileno. Uma vez no laboratório, estas foram postas a secar ao ar por 2 dias e passadas em peneira de 2mm de malha, obtendo-se, assim, terra fina seca ao ar (TFSA).

4.4. ANÁLISES FÍSICAS

4.4.1. Densidade do solo

A densidade do solo foi avaliada pelo Método do Anel Volumétrico, segundo o procedimento descrito pela EMBRAPA - SNLCS (Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979), que consiste na retirada de amostras com um anel de volume conhecido, secando-se-as em estufa a 105°C por 24

horas. O valor da densidade do solo é a razão entre o peso seco da amostra e o seu volume (igual ao volume do anel).

4.4.2. Densidade de partículas

Para a avaliação da densidade de partículas, utilizou-se o Método do balão volumétrico, descrito pela EMBRAPA - SNLCS(1979), assim resumido: tomando-se 20 g da amostra de terra em um balão volumétrico de 50 ml e adicionam-se 25 ml de álcool etílico, agitando-se levemente e deixando a solução permanecer em repouso até o dia seguinte. Com auxílio da bureta, completa-se o volume do balão com álcool etílico. O cálculo para densidade de partículas (DP) é o seguinte:

$$DP \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso da amostra seca}}{(50) - \text{volume do álcool gasto}}$$

4.4.3. Porcentagem total de poros, macro e microporosidade

Para avaliação da macro e microporosidade, utilizou-se o método da "mesa de tensão", descrito e esquematizado pela EMBRAPA - SNLCS (1979). Trata-se de um método tensiométrico, posto que se baseia na aplicação de tensão para remover a água de amostras saturadas. Essa tensão, ou deficiência de pressão,

é obtida por diferença de nível entre dois terminais de coluna de água.

Foram utilizadas amostras com estrutura indeformada, empregando-se 60cm de altura de coluna de água (correspondente a 0,06 atm.), para separar a porosidade capilar (microporosidade) e não capilar (macroporosidade).

A porcentagem de água retida nas amostras, após atingido o equilíbrio, corresponde à microporosidade do solo; a porosidade total foi calculada através do volume do anel; a macroporosidade é calculada pela diferença entre a porosidade total e a capilar.

4.4.4. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada através do método da pipeta, descrito pela EMBRAPA - SNLCS (Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1979), que consistiu em promover a dispersão de 10g de TFSA em 50 ml da solução dispersante (20g de NaOH em 5l de água destilada, mais 50 g de hexametáfosfato de sódio), com agitação rotacional a 30 rpm, em agitador Wiegner, por 16 horas.

Em seguida, a suspensão foi transferida para uma proveta graduada de 500 ml e passada por uma peneira com malha de 0,053 mm, completando-se o volume com água destilada. O material retido na peneira foi lavado, seco e pesado, correspondendo à areia total (AT), que foi fracionada, após

seca, em areia fina (0,20 a 0,05 mm) e areia grossa (2,00 e 0,2 mm). Na suspensão do solo, foi determinado o teor de argila, por pipetagem, a porcentagem de silte foi determinada por diferença.

4.4.5. Argila dispersa em água e grau de flocculação

Para determinação da argila dispersa em água, utilizou-se a mesma metodologia anteriormente descrita, sem fazer uso da solução dispersante, possibilitando, a partir desse resultado, o cálculo do grau de flocculação:

$$GF (\%) = \frac{(\% \text{ argila total} - \% \text{ argila dispersa})}{(\% \text{ argila total})} \times 100$$

4.4.6. Estabilidade de agregados em água, álcool e benzeno

A análise da estabilidade de agregados foi realizada para todos os horizontes, seguindo o método de avaliação de porcentagem de agregados - via úmida, proposto pela EMBRAPA - SNLCS (1979), onde a amostra é disposta no topo de um jogo de peneiras adaptado a um dispositivo mecânico que efetua um movimento de oscilação vertical (40 rpm), dentro de um recipiente contendo água, por 30 minutos.

O diâmetro médio ponderado e o diâmetro médio geométrico foram calculados segundo KIEHL (1979), obtendo-se agregados

com diâmetros entre 6,35 e 2,00 mm; 2,00 e 1,00 mm; 1,00 e 0,50 mm; 0,25 e 0,125 mm e menores que 0,125.

O mesmo procedimento foi repetido para amostras tratadas com álcool e benzeno.

4.5. ANÁLISES DO COMPLEXO TROCÁVEL

As análises químicas de rotina foram realizadas no Laboratório de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, seguindo os métodos descritos em RAIJ et al. (1987).

4.6. ANÁLISES BIOQUÍMICAS

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Solo do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, UNESP.

4.6.1. Urease

Utilizou-se o método proposto por MAY & DUGLAS (1976) modificado por LONGO (1991), assim resumido: 3,0 g de TFSA foram colocadas em frasco elenmayer de 125 ml, onde se adicionaram 0,5 ml de tolueno e, em seguida, 12,0 ml de água deionizada. Colocou-se em estufa tipo BOD a 25°C por uma hora

e, na seqüência, adicionaram-se 15,0 ml de solução de KCl 2N, contendo 5mg de acetato de fenilmercúrio. No filtrado realizou-se a determinação do teor de N-amoniaco trocável, fazendo-se uso do método de destilação a vapor proposto por BREMNER & KEENEY (1965).

Para cada tratamento, executou-se um branco, da maneira acima descrita, porém adicionando-se a solução de uréia após a solução de KCl - acetato de fenilmercúrio.

4.6.2. Nitrogênio total

O N-total foi determinado pelo método Kjeldahl, conforme descrito em FERREIRA et al (1974) e MELO (1974), resumido da seguinte maneira:

Transferiu-se 1.0 g de TFSA para balão Kjeldahl de 100 ml, adicionando-se 7,0 ml de mistura digestora e 5.0 ml de ácido sulfúrico concentrado, sendo o conjunto levado a um microdigestor até o início do clareamento, deixando-se, então, por mais 30 minutos; uma vez completada a digestão, o material foi transferido para balão volumétrico de 100 ml e completou-se o volume com água deionizada.

Para a destilação, tomou-se uma alíquota de 10 ml de sobrenadante, à qual foram adicionados cerca de 10 ml da solução de hidróxido de sódio 15 N. Seguiu-se à destilação, sendo o destilado recebido em um béquer de 100 ml, contendo 5 ml de solução de ácido bórico, tendo como indicadores vermelho

de metila e verde de bromocresol. O destilado foi titulado com solução padronizada de ácido sulfúrico 0.001 N.

4.6.3. Carbono orgânico

Foi utilizado o método de Tiurin (oxidação por via úmida), conforme descrito em DABIN (1976).

Em erlenmeyer de 125 ml, foram colocados 0,5 g de terra, 10 ml de solução de dicromato de potássio 2% e cerca de 0,02 g de sulfato de prata. Em seguida, vedou-se a boca do erlenmeyer com papel alumínio e levou-se para fervura durante cinco minutos em chapa aquecedora regulada para temperatura de 200-210°C. Depois do aquecimento, deixou-se esfriar e adicionaram-se 80 ml de água deionizada, 2.5 ml de ácido ortofosfórico 85% e 1 ml de solução de difenilamina p.a.

Procedeu-se a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0.2 N até mudança da cor azul para verde escuro.

4.6.4. Relação C/N

Obtida através da relação entre o teor de Carbono orgânico e Nitrogênio total para cada amostra em estudo.

4.6.5. Fracionamento químico da matéria orgânica

Foi utilizado o método descrito em SCHITZER (1982), assim resumido:

Em tubo de centrífuga de 250 ml, foram colocados 10,0g de TFSA, adicionando-se, em seguida, 50ml de água deionizada e levando-se a agitação por 30 minutos. Em seguida procedeu-se à centrifugação por 15 minutos a 10.000 rpm. O sobrenadante (matérias húmicas) foi transferido para um balão volumétrico de 200ml, e ao tubo de centrífuga foram adicionadas 100ml de uma solução de NaOH 0,1N, sendo levado a centrifugação por 10 minutos, a 8.000 rpm. O sobrenadante foi novamente colocado no balão volumétrico de 200ml. Ao tubo da centrífuga foram adicionados 50 ml de NaOH, ressuspendendo-se o material retido no fundo e levando-se ao agitador por 30 minutos e em seguida à centrífuga por 10 minutos, a 8.000 rpm. O sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico de 200ml, onde se completou o volume com água deionizada.

O material que ficou retido no tubo da centrífuga foi removido para um vidro relógio e colocado para secar em estufa com circulação de ar forçada mantida a 60°C; após seca a amostra foi moída em almofariz.

Da fração de matérias húmicas, foram tomados 100 ml e colocados para centrifugar por 10 minutos a 5.000 rpm. O sobrenadante (ácido fúlvico) foi transferido para frasco de

vidro de 150 ml o qual foi tampado e armazenado até o momento das análises.

Ao tubo de centrífuga foram adicionados 25 ml da solução de NaOH 0,1N, sendo o precipitado (ácido húmico) transferido para balão volumétrico de 50 ml e o volume completado com água deionizada.

Para a determinação do carbono nas frações da matéria orgânica do solo, foi utilizado o método da oxidação via úmida descrito no ítem 4.6.3.

O método básico para todas as frações é o mesmo, variando apenas a quantidade de amostra e seu preparo inicial.

4.7. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Devido ao alto custo das análises, principalmente das químicas e bioquímicas, não foi viável a abertura de muitas trincheiras no campo, que serviriam como repetições do experimento, não sendo possível tratar os resultados em um delineamento experimental.

Sendo assim, os dados foram comparados entre si e desta maneira discutidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS

Os perfis de solo estudados apresentam características morfológicas muito semelhantes entre si (TABELAS 18 e 19), sem grandes modificações em função dos manejos adotados, a não ser nos horizontes superficiais dos solos com mata nativa e com a cultura de eucalipto. Resultados semelhantes foram obtidos por SILVA & RIBEIRO (1992), quando analisaram solos cultivados com cana-de-açúcar, observando que um cultivo intensivo não alterou de forma expressiva as características morfológicas.

O perfil sob vegetação de mata (1) apresentou um horizonte A11 de 5-8 cm de espessura, constituído por restos vegetais pouco decompostos. Esse horizonte se constituiu a principal diferença entre o solo não cultivado e as demais situações.

A espessura do horizonte superficial não apresentou variação expressiva entre os solos cultivados, não passando de 20 cm.

Quanto à coloração, o horizonte superficial (A ou Ap) apresentava-se bastante uniforme nos solos cultivados (eucalipto e cana-de-açúcar): marrom avermelhado (5YR 4/4) úmido ou seco. O solo sob vegetação natural apresentou-se vermelho pardo (10R 3/4), quando úmido, passando a vermelho fraco (10 R 4/3), quando seco.

Os horizontes sub-superficiais (A12, AB, BA e B1) apresentaram coloração marrom avermelhado (5YR 4/4), com leves variações em alguns perfis, para vermelho-amarelado. Já o horizonte B2 apresentou coloração vermelho-amarelada (5YR 4/6) em todos os perfis.

A estrutura do horizonte superficial dos solos sob vegetação natural e eucalipto era granular grande, forte a moderada (aspecto grumoso) para o primeiro caso e granular média a moderada para o segundo. Na maioria dos perfis cultivados, apresentou-se com aspecto maciço, que se rompe em blocos.

A estrutura de aspecto maciço nos horizontes cultivados reflete um manejo intensivo. Atribuir à vinhaça o possível efeito dessas modificações de estrutura pode ser temeroso, uma vez que, no perfil onde não ocorreu aplicação de vinhaça nos últimos quatro anos, a estrutura apresentou-se bastante semelhante à dos demais perfis que receberam aplicação intensiva do resíduo. Assim, é possível que o manejo com cana-de-açúcar deve promover a passagem da estrutura de granular para o aspecto maciço.

Os demais horizontes não apresentaram diferenças estruturais entre os perfis, apresentando-se de aspecto maciço poroso em praticamente todos os casos, com pequenas variações para composta granular.

5.2. ANÁLISES FÍSICAS

5.2.1. Densidade

5.2.1.1. Densidade do solo

Pelos resultados obtidos para densidade do solo (Tabela 6), pôde-se observar que o perfil sob vegetação natural (Perfil 1) apresentou menores valores de densidade, principalmente no horizonte superficial. Essa diferença provavelmente é devida à maior quantidade de material orgânico e raízes encontrados neste horizonte, como se pode verificar através das Tabelas 15 e 16. Segundo BUCKMAN & BRADY (1967), os sistemas de cultivo e o manejo do solo influenciam sua densidade, especialmente nas camadas superficiais, sendo que a adição de resíduos orgânicos ao solo tende a diminuir sua densidade.

Quanto aos demais horizontes, observou-se um aumento na densidade por comparação ao horizonte superficial, resultado que confere com os citados por BUCKMAN & BRADY (1967):

tendência de aumento nos valores de densidade ao longo do perfil, o que pode ser devido a conteúdos mais baixos de matéria orgânica, menor penetração de raízes e adensamento devido ao peso das camadas superiores.

Ainda neste perfil (cerradão) observou-se que o segundo horizonte revelou um aumento no valor da densidade por comparação com os horizontes subseqüentes, que talvez possa ser devido a compressão exercida pela mesofauna do solo, ou talvez por raízes (FERNANDES, 1993), ou ambos os efeitos conjugados.

Nos solos com culturas (Perfis 2, 3, 4 e 5) os resultados mostram os efeitos do cultivo, mesmo num perfil bem pouco cultivado (2), além do tráfego de máquinas e da aplicação de vinhaça, que se apresenta como um resíduo orgânico, causando alterações na estrutura do solo e vindo a confirmar o que já fora anteriormente observado por vários autores (LOW, 1972; MACHADO et al., 1978, RANDO, 1981 e FERNANDES, 1993).

Mesmo no perfil 2, em área com eucalipto, que revelou a deposição de um resíduo orgânico constante e pouco manejado, os efeitos do cultivo são evidenciados ao se analisar a densidade do solo.

Comparando-se os resultados obtidos no perfil 1 (cerradão) com os perfis 3, 4 e 5 (cana-de-açúcar), pôde-se observar com nitidez os efeitos do cultivo, modificando a densidade do solo, sendo que os perfis 2, 3 e 4 apresentaram

também uma camada mais adensada no horizonte subsuperficial, quando comparada ao superficial. Nestes perfis, à medida que se aprofundou, os horizontes apresentaram-se com maior densidade, da mesma maneira que o encontrado no perfil 1. Resultados semelhantes foram obtidos por CINTRA et al. (1983), observando que solos cultivados convencionalmente apresentam, próximo à superfície, valores elevados de densidade, além de outras evidências de alterações na estrutura, em comparação com o mesmo solo sob vegetação nativa. MORAES (1984) afirma que há consenso de opiniões, quando se diz que o cultivo aumenta a densidade do solo, seja pela quebra da estrutura e diminuição da macroporosidade, seja pela compactação ocasionada pela passagem de veículos.

Quanto ao possível efeito da vinhaça sobre a densidade do solo, pode-se observar, através da comparação do perfil 3 - cana-de-açúcar que recebeu aplicação de vinhaça *in natura* com o perfil 5 - cana que não recebeu aplicação de vinhaça nos últimos quatro anos, que este último apresentou uma densidade bem superior à do primeiro, principalmente na camada superficial, indicando um possível efeito da matéria orgânica contida na vinhaça sobre este parâmetro físico. Isso condiz com os resultados obtidos por BUCKMAN & BRADY (1967), em que a adição de resíduos orgânicos em grandes quantidades tende a diminuir os valores de densidade na superfície do solo, da mesma forma que o cultivo de gramíneas. Através da Tabela 4, pode-se observar que desde de 1984 este solo (setor 09) vem

recebendo uma aplicação de vinhaça *in natura* bastante intensiva, sendo que esta vinhaça apresenta uma boa quantidade de matéria orgânica, quando comparada com a biodigerida (Tabela 2), podendo, com isso, ter sido responsável por esta alteração.

Através da Tabela 2, é possível observar que o processo de biodigestão promoveu diminuição no conteúdo de matéria orgânica, fazendo com que a vinhaça biodigerida apresente-se mais pobre neste componente, embora mantendo uma boa quantidade de seus elementos minerais. Quando se compara o perfil 3 com o perfil 4, observa-se um aumento na densidade, principalmente a do horizonte superficial do solo que recebeu aplicação de vinhaça biodigerida, indicando, novamente, o efeito da matéria orgânica contida na vinhaça sobre o parâmetro. Embora a diferença apresente-se menor, é ainda presente, por comparação com o perfil 4, indicando que mesmo em menores proporções a vinhaça biodigerida diminui a densidade do solo.

5.2.1.2. Densidade de partículas

Os resultados de densidade de partículas encontram-se dispostos na Tabela 6 apresentam valores compatíveis com os descritos por LYON & BUCKMAN (1947), os quais dizem que, em solos minerais, os valores de densidade de partículas varia predominantemente entre 2,6 e 2,7 g/cm³, podendo,

ocasionalmente, exceder a $2,75 \text{ g/cm}^3$, quando minerais pesados como magnetita, zircão, turmalina e hornblenda estão presentes.

Quanto às variações de densidade de partículas entre os perfis, foram pequenas, apresentando alguma diferença quando se compara o perfil 1 (vegetação natural) com os demais, observando que neste houve pequena redução na densidade, resultado que confirma o observado por LYON & BUCKMAN (1947), os quais dizem que o conteúdo de matéria orgânica pode ter influência sobre a densidade de partículas de um solo mineral, sendo que, de modo geral, em horizontes superficiais a densidade de partículas tem valor mais baixo do que em horizontes subsuperficiais. Isso se deve ao menor peso específico da matéria orgânica em relação ao mesmo volume de sólidos minerais.

Nos demais, perfis pode-se observar que houve pequena diminuição na densidade dos horizontes superficiais, corroborado com MACHADO et al. (1981), que observaram diferenças na densidade de partículas entre o horizonte superficial do solo cultivado e os mesmos horizontes do solo sob mata, apresentando este último valores mais baixo de densidade.

TABELA 6 - Densidade de partículas e do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural eucalipto e cana-de-açúcar que recebeu aplicação de vinhaça.

PERFIL	HORIZONTE	ESP. HOR. (cm)	DENSIDADE DE PARTÍCULAS (g/cm ³)	DENSIDADE DO SOLO (g/cm ³)
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	2,69(*)	1,16
	A12	8-36	2,69	1,39
	AB	36-75	2,73	2,33
	B1	75-115	2,74	1,29
	B2	115-170	2,72	1,28
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	2,74	1,34
	AB	20-40	2,75	2,43
	BA	40-77	2,75	1,40
	B1	77-127	2,78	1,29
	B2	127-170	2,78	1,27
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	2,75	1,36
	Ap2	14-32	2,78	1,48
	AB	32-65	2,76	1,54
	B1	65-115	2,76	1,36
	B2	115-160	2,74	1,26
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	2,76	1,47
	AB	20-45	2,78	1,51
	BA	45-85	2,77	1,36
	B1	85-130	2,78	1,25
	B2	130-170	2,71	1,28
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	2,77	1,61
	AB	20-45	2,79	1,57
	BA	45-73	2,81	1,49
	E21	73-110	2,79	1,45
	E22	110-170	2,80	1,40

(*) - Média de quatro repetições

5.2.2. Porosidade total, macro e microporosidade

Pela análise de porosidade (Tabela 7), verifica-se que, no horizonte superficial, o perfil 1 (solo sob vegetação natural) apresentou porosidade total inferior aos demais perfis, exceto o que não recebeu aplicação de vinhaça. Conforme alguns autores, os valores de porosidade total para os solos cultivados são, em geral, inferiores aos encontrados em solos sob vegetação natural (MACHADO et al., 1981; MORAES, 1984). Não se descarta, também, a possibilidade de que a amostra, tenha sido coletada num ponto adensado, por exemplo,

pela proximidade de uma raiz de grande diâmetro, ou por um canal criado pela fauna (FERNANDES, 1993).

De maneira geral, a porosidade total foi inferior a 50%, refletindo, assim, características de solos arenosos, onde a porosidade normalmente não ultrapassa esse valor.

Quanto à distribuição dos poros (macro e microporosidade), pôde-se observar a influência do cultivo sobre o tamanho e arranjo dos poros. Segundo HILLEL (1971), o cultivo provoca aumento na microporosidade, o que se deve à redução nos poros de tamanho grande. Como se pode observar, no horizonte superficial do solo sob mata (perfil 1) a macroporosidade representa 58,4% da quantidade total de poros,

TABELA 7 - Porosidade Total, Macro e Microporosidade Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP.HOR. (cm)	POROSIDADE TOTAL(%)	MACROPOROSIDADE(%)	MICROPOROSIDADE(%)
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	45,02(*)	26,30	18,72
	A12	8-36	50,02	27,70	22,50
	AB	36-75	49,67	27,07	22,60
	B1	75-115	50,28	26,63	23,65
	B2	115-170	49,90	24,80	25,10
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	47,72	26,60	21,12
	AB	20-40	47,55	24,25	23,10
	BA	40-77	48,10	23,70	24,40
	B1	77-127	51,77	25,77	25,0
	B2	127-170	54,20	25,20	29,0
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	49,77	27,75	22,52
	Ap2	14-32	46,22	21,50	24,72
	AB	32-65	43,50	19,35	24,15
	B1	65-115	46,92	23,15	23,80
	B2	115-160	50,90	28,80	22,10
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	46,47	19,55	26,92
	AB	20-45	44,95	18,85	26,10
	BA	45-85	49,70	25,60	24,10
	B1	85-130	51,90	25,66	25,92
	B2	130-170	53,90	27,90	26,0
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	41,87	21,17	20,7
	AB	20-45	40,57	18,12	22,45
	BA	45-73	43,52	21,70	21,82
	B21	73-110	45,87	23,37	22,50
	B22	110-170	44,80	21,20	23,60

(*) - Média de quatro repetições

enquanto que a microporosidade, 41,6%. Esses valores são similares para os demais horizontes do perfil, havendo, contudo, uma diminuição progressiva nessa diferença, sendo que no horizonte B2 essa relação se inverte, havendo uma quantidade maior de microporos (50,3%) em comparação aos macros (49,7%).

No perfil 2 (solo sob eucalipto), a relação é basicamente a mesma que no solo sob mata, apenas apresentando-se um pouco menor. Assim, no horizonte A1 há 55,7% de macroporos e 44,3% de microporos, relação essa que se mostra também invertida no horizonte BA, dando sinais de compactação nesse horizonte e também no B2. Segundo WARKETIN (1971), o principal efeito da compactação é reduzir a macroporosidade.

No perfil cultivado com cana-de-açúcar que recebeu aplicação de vinhaça *in natura* (perfil 3), o horizonte superficial Ap1 apresenta-se com 55,7% de macroporos e 44,3% de microporos; já em todos os subseqüentes (Ap2, AB, B1 e B2), essa relação se inverte, mostrando uma possível compactação causada pelo cultivo intensivo. Resultados semelhantes foram obtidos por MACHADO et al. (1978) que, comparando talhões submetidos a cultivo com talhões sob mata nativa, verificaram diminuição da porosidade total e da macroporosidade e aumento na microporosidade do solo sob cultivo.

No perfil 4, cultivado com cana e que recebeu aplicação de vinhaça "in natura" + biodigerida, os resultados obtidos foram semelhantes aos do perfil anterior, apenas apresentando

siniais de compactação já no horizonte Ap (42% de macroporos e 58% de microporos).

O perfil que não recebeu aplicação de vinhaça nos últimos quatro anos (perfil 5) apresentou resultados semelhantes aos demais perfis cultivados com cana-de-açúcar. Observou-se diminuição na quantidade de macroporos em relação aos micros a partir do horizonte AB, incluindo o horizonte B22, indicando que o problema de compactação na cultura de cana-de-açúcar seja, provavelmente, devido ao cultivo intensivo e não à aplicação da vinhaça.

De maneira geral, o cultivo promoveu uma redução na quantidade de macroporos, chegando a apresentar camadas de adensamento nos horizontes sub superficiais. Quanto ao horizonte B2, mesmo no solo sob vegetação natural apresentou-se naturalmente adensado, provavelmente devido a fatores pedogenéticos e biológico.

5.2.3. Análise granulométrica

Pela composição granulométrica (Tabela 8), verifica-se a predominância da fração areia em todos os horizontes estudados. O perfil 5, que se encontrava em outro setor da destilaria (setor 109), apresentou-se com teor de areia superior aos demais.

Dentre os perfis pertencentes ao mesmo setor (setor 09), aquele recoberto por vegetação natural apresentou-se mais

arenoso que os demais, seguido pelo perfil 2, recoberto por eucalipto, perfil 3, cultivado com cana-de-açúcar que recebeu vinhaça por caminhão e perfil 4, cultivado com cana e que recebeu vinhaça por canal de irrigação. Essa ordenação coincide com a seqüência natural dentro do relevo, partindo do ponto mais alto (Perfil 1) e chegando ao mais baixo (Perfil 4).

TABELA 8 - Análise granulométrica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP.HOR. (cm)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA FINA(%)	AREIA GROSSA(%)	AREIA TOTAL(%)
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	17(*)	3	46	26	74
	A12	8-36	20	2	50	19	70
	AB	36-75	24	2	47	20	67
	B1	75-115	24	2	47	19	66
	B2	115-170	25	2	44	20	66
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	20	1	41	32	74
	AB	20-40	23	1	42	29	71
	BA	40-77	24	1	39	28	68
	B1	77-127	26	1	39	28	68
	B2	127-170	29	0	39	24	63
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	21	2	40	35	72
	Ap2	14-32	21	2	39	35	74
	AB	32-65	23	2	40	32	72
	B1	65-115	25	3	35	33	66
	B2	115-160	28	2	36	31	67
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	26	1	42	26	68
	AB	20-45	26	1	42	26	67
	BA	45-85	28	2	40	22	65
	B1	85-130	32	1	38	23	61
	B2	130-170	33	1	39	21	63
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	12	1	52	28	79
	AB	20-45	16	2	46	28	75
	BA	45-73	15	3	48	26	73
	B21	73-110	18	3	45	26	70
	B22	110-170	18	3	43	25	66

(*) - Média de quatro repetições

Os resultados não apresentaram diferenças notáveis entre os perfis tratados com vinhaça, quando comparados àqueles sob outro tipo de vegetação, evidenciando que a vinhaça não se apresenta como um fator que possa vir a alterar a granulometria de um solo. Resultados semelhantes foram obtidos

por CAMARGO et al. (1983), que verificaram não haver influência dos tratamentos com vinhaça na composição granulométrica de um latossolo vermelho-escuro textura média. Resultados diferentes foram observados por AGUIAR et al. (1992), quando uma dose de vinhaça igual a 200 m³/ha foi aplicada em um Latossolo Roxo, promovendo acréscimos ou reduções no teor de argila de forma inversamente proporcional ao teor de areia fina.

TABELA 9 - Fracionamento da areia em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo sob vegetação natural e cultivada com eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP. HOR. (cm)	PENEIRAS (mm)				
			0,053	0,125	0,25	0,5	1,0
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	12(*)	35	22	3	0
	A12	8-36	14	36	17	2	0
	AB	36-75	14	33	17	2	0
	B1	75-115	15	33	16	3	1
	B2	115-170	14	31	16	2	0
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	10	31	26	6	0
	AB	20-40	11	31	23	5	1
	BA	40-77	11	29	22	4	1
	B1	77-127	11	29	22	5	1
	B2	127-170	11	28	19	4	1
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	10	30	25	6	1
	Ap2	14-32	10	29	27	6	1
	AB	32-65	10	30	25	6	1
	B1	65-115	10	25	25	7	1
	B2	115-160	10	26	24	7	1
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	10	32	22	4	0
	AB	20-45	10	31	22	4	0
	BA	45-85	9	30	21	4	0
	B1	85-130	10	28	19	4	0
	B2	130-170	11	28	17	4	0
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	16	35	20	6	1
	AB	20-45	16	31	21	6	1
	BA	45-73	18	30	19	6	1
	B21	73-110	17	28	18	6	1
	B22	110-170	18	25	25	6	1

(*) - Média de quatro repetições

Foi também observado um aumento progressivo no teor de argila do horizonte superficial até o horizonte B2 em todos os perfis estudados, em detrimento a uma redução, também progressiva, no teor de areia dos mesmos perfis. Resultados

semelhantes foram obtidos por SILVA & RIBEIRO (1992), diferindo apenas no horizonte superficial, onde observaram diminuição no teor de argila em todos os perfis estudados.

Quanto ao teor de silte, este apresentou-se baixo em todos os horizontes, sendo que o perfil sob vegetação natural apresentou valores levemente superiores aos demais perfis.

No fracionamento da areia (Tabela 9), observou-se, em todos os perfis, maior teor de areia fina (peneiras de 0,053 e 0,125 mm). sendo que a maior porção ficou retida na peneira de 0,125 mm. Dentro da fração denominada areia grossa (peneiras de 0,25; 0,5 e 1,0 mm) a maior porção ficou retida na peneira de 0,25 mm.

5.2.4. Argila dispersa em água e grau de floculação

Os resultados obtidos para argila dispersa em água e grau de floculação encontrados na Tabela 10 parecem indicar que, para o latossolo vermelho-amarelo textura média, e nas condições estudadas, esses valores não apresentaram diferenças, mesmo quando se compara o perfil sob vegetação natural (perfil 1) com os demais perfis.

Segundo RAIJ & PEECH (1972); a matéria orgânica pode interferir no sistema de floculação, pois é capaz de ligar-se às bordas positivamente carregadas das argilas, o que impede uma união direta entre essas partículas e diminui, assim, a floculação. Assim, as camadas com teores mais elevados de

matéria orgânica apresentaram porcentagem maior de cargas negativas em relação às positivas, o que segundo, FASSBENDER (1984), intensificaria a repulsão entre as partículas. Esta situação parece não ocorrer nas condições estudadas, quando se observa o perfil 1, que apresenta teores de matéria orgânica mais elevados de que os demais, discordando dos resultados obtidos por FERNADES (1993), que observou a influência direta do teor de matéria orgânica na agregação de solos argilosos, provocando dispersão das partículas de solo, tanto maior quanto mais elevado o teor de material orgânico.

Quanto aos efeitos da vinhaça no grau de floculação, também não foram observadas diferenças, quando se compararam os perfis que receberam a aplicação do resíduo (Perfis 3 e 4) com os que não receberam (Perfis 1 e 2) e mesmo com aquele que não vem recebendo vinhaça (perfil 5). RIBEIRO et al (1983), ao avaliarem o efeito de vinhaças de diferentes procedências sobre a dispersão da fração argila de solos, verificaram que as vinhaças atuaram como dispersante nos solos de textura média e como floculante nos solos de textura argilosa e concluíram que os efeitos da vinhaça sobre a dispersão da argila dos solos depende da concentração e do balanço de cátions na vinhaça, além da natureza da fração argila.

Também não foram observadas diferenças significativas entre o grau de floculação no perfil cultivado com cana-de-açúcar que recebeu vinhaça "in natura" (Perfil 3), quando comparado com aquele que recebeu vinhaça biodigerida (Perfil 4),

evidenciando que, para esse tipo de solo, o processo de biodigestão não modifica a composição da vinhaça a ponto de promover mudanças no grau de floculação.

TABELA 10 - Argila dispersa em água e grau de floculação em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP. HOR. (cm)	ARGILA DISPERSA EM ÁGUA(%)	GRAU DE FLOCULAÇÃO(%)
1 (CERRADÃO)	A1	0-8/0-5	17(*)	16
	AB	8-36	19	14
	BA	36-75	21	20
	B1	75-115	24	23
	B2	115-170	27	39
2 (EUCALIPTO)	Ap1	0-20	17	13
	Ap2	20-40	16	16
	AB	40-77	20	13
	B1	77-127	23	8
	B2	127-170	23	7
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap	0-14/0-11	21	17
	AB	14-32	24	23
	BA	32-65	28	12
	B1	65-115	29	8
	B2	115-160	10	16
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	10	16
	AB	20-45	13	9
	BA	45-85	14	100
	B1	85-130	4	9
	B2	130-170	1	4
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	9	18
	AB	20-45	9	18
	BA	45-73	14	12
	B21	73-110	4	9
	B22	110-170	1	7

(*) - Média de quatro repetições

5.2.5. Estabilidade de agregados em água, álcool e benzeno

Os resultados obtidos para as análises de estabilidade de agregados encontram-se na Tabela 11. Através desses resultados, observa-se inicialmente o efeito do cultivo intensivo sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados (D.M.P.) em qualquer um dos pré-tratamentos utilizados na

determinação (água, álcool e benzeno). Quando se compara o perfil 1 (vegetação natural) com os perfis cultivados com cana-de-açúcar (perfis 3, 4, e 5), pode-se verificar diferenças sensíveis. Segundo OADES (1984), a maior parte dos macroagregados do solo deve possuir diâmetro entre 1,0 e 10,0 mm. Quando se observa o perfil sob vegetação natural, verifica-se que esses valores encontram-se entre 2,0 e 3,0 mm, e os demais (3, 4, e 5) esses dificilmente ultrapassam 1,0 mm. Vários autores atribuem ao cultivo essa diminuição no tamanho médio dos agregados; RANDO (1981) acusa o efeito negativo do cultivo na estabilidade de agregados para solos sob práticas convencionais por mais de 10 anos. Resultados similares encontrados por MORAES (1984) que observou maior porcentagem de agregados com diâmetro superiores a 2,0 mm no solo não cultivado.

O perfil 1, comparado ao 2 (solo recoberto por eucalipto), apresentou pequeno aumento no diâmetro dos agregados, principalmente no horizonte superficial, o que, juntamente com a observação dos outros perfis, leva a confirmar as afirmações de que a matéria orgânica é um dos principais fatores de agregação de solos. Segundo MELO (1994), a matéria orgânica é de grande importância para a formação de agregados numa ampla gama de solos, sendo que esta atua na coesão de partículas de argila e/ou complexos argilo-húmus, formando partículas menores, pelo compartilhamento de forças iônicas intercristalinas entre as partículas de argila ou por

pontes, ligando cátions polivalentes e húmus. Uma ampla variedade de compostos orgânicos pode estar envolvido na cimentação de partículas, incluindo ácidos húmicos e fúlvicos, os quais estão, provavelmente, estão ligados à argila como um complexo húmus-metal-argila (Stevenson, 1982).

TABELA 11 - Estabilidade de agregados em água, álcool e benzeno em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZ.	ESP. HOR. (cm)	DIÂMETRO ARITMÉTICO MÉDIO (mm)		
			Água	Álcool	Benzeno
1 (CERRADÃO)	A1	0-8/0-5	3,44(*)	3,36	3,70
	AE	8-36	1,78	2,78	1,90
	BA	36-75	2,75	3,08	2,14
	B1	75-115	2,79	3,16	2,13
	B2	115-170	2,57	2,72	2,07
2 (EUCALIPTO)	Ap1	0-20	3,0	3,11	3,49
	Ap2	20-40	1,94	2,67	2,10
	AE	40-77	2,31	2,62	1,72
	B1	77-127	2,40	2,39	1,83
	B2	127-170	1,81	2,51	1,56
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap	0-14/0-11	0,89	1,01	0,69
	AE	14-32	1,16	1,05	0,81
	BA	32-65	0,78	1,09	1,01
	B1	65-115	0,93	1,41	1,0
	B2	115-160	1,04	1,56	0,48
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	0,75	1,37	0,66
	AE	20-45	0,80	1,63	0,93
	BA	45-85	0,99	1,99	0,93
	B1	85-130	1,11	2,24	0,89
	B2	130-170	1,38	2,11	1,13
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	0,91	0,73	0,78
	AE	20-45	0,43	0,84	0,64
	BA	45-73	0,67	1,05	0,52
	B21	73-110	0,79	0,92	0,65
	B2	110-170	0,90	1,14	0,81

(*) - Média de quatro repetições

Ao se analisar os efeitos da vinhaça na agregação de partículas de solo, percebe-se que esta possui um efeito pouco significativo, como se verifica ao comparar o perfil 3 (solo que recebeu vinhaça *in natura*) com o perfil 5 (solo que não recebeu aplicação de vinhaça nos últimos quatro anos). Isso

pode ser devido ao fato de que a quantidade de material orgânico contido na vinhaça não seja suficiente para promover a agregação das partículas do solo, ou, como esta possui um grau de biodegradabilidade maior (MINHONI et al, 1990), não consiga atuar como agente cimentante. Segundo ALMEIDA (1952), a matéria orgânica da vinhaça é instável e, ao ser aplicada ao solo decompõe-se facilmente.

Quando se compara o solo que recebeu vinhaça *in natura* (Perfil 3) com o que recebeu vinhaça biodigerida (Perfil 4), percebe-se que também não houve diferenças significativas no tamanho dos agregados; apenas é possível observar leve diminuição nestes, principalmente no horizonte superficial (perfil 4). Assim, mais uma vez se constata que a quantidade de matéria orgânica contida na vinhaça *in natura* não foi suficiente para promover agregação das partículas de solo, por comparação com um solo sob vegetação natural. Talvez se esta comparação fosse feita com o solo cultivado com cana-de-açúcar que nunca tivesse recebido vinhaça, ou resultados se apresentassem de outra forma. Tal situação, entretanto, não ocorria na área em estudo, para uma possível averiguação.

CAMARGO et al. (1983) observaram que a agregação em uma área que recebeu vinhaça pela última vez há três anos foi maior do que a testemunha, levando a crer que esta elevação foi devido ao aumento da matéria orgânica e sua estabilização por microrganismos.

Também é possível perceber que nos perfis cultivados com cana e que receberam aplicação de vinhaça, tanto *in natura* como biodigerida, e nos horizontes superficiais de todos os outros perfis, apenas o pré-tratamento com álcool, que atenua o efeito da água, foi capaz de conferir certa resistência aos agregados, apresentando estes maior diâmetro em relação aos outros dois pré-tratamentos (água e benzeno). A sensibilidade ao tratamento benzênico nessas amostras define agregados onde a matéria orgânica tem pequeno efeito de cimentação de partículas primárias em secundárias (CAMARGO et al, 1983). Nos horizontes superficiais dos perfis 1 e 2 - solo recoberto por vegetação natural e eucalipto, respectivamente, corresponderam a amostras com teor de matéria orgânica maior que as demais (Tabela 17), onde se pode notar o efeito da ação do benzeno que foi totalmente eliminado, evidenciando que esta matéria orgânica reveste-se de importância na cimentação de partículas. Em profundidade, dentro destes mesmos perfis, estes efeitos vão diminuindo. Nos horizontes superficiais, onde ocorrem grandes acúmulos de materiais orgânicos em ambientes naturais, os microrganismos comumente metabolizam açúcares de cadeia, pequena excretando uma mucilagem, que tem efeito marcante na aglutinação das partículas no solo.

5.3. COMPLEXO TROCÁVEL

Na Tabela 12 são apresentados os resultados do complexo trocável do solo, permitindo observar que, de maneira geral, houve aumento expressivo nos valores dos cátions trocáveis. Ao se analisar os valores de cálcio e magnésio, observa-se que os solos cultivados com cana-de-açúcar (Perfis 3, 4 e 5) apresentam teores bem elevados, principalmente na camada superficial, quando comparados aos não cultivados (Perfis 1 e 2). Nos perfis 3 e 4, que receberam aplicação de vinhaça, esse aumento é também expressivo, mesmo nos horizontes subsuperficiais. Segundo COLETI et al. (1983), o enriquecimento do solo com estes íons deve-se à contribuição da vinhaça, como se pode notar, ao comparar os perfis cultivados com cana-de-açúcar, que receberam a aplicação do resíduo (3 e 4), com o perfil 5, cultivado com cana, mas que já não vem recebendo a vinhaça. Esse último, apresenta na sua camada superficial teores relativamente alto desses elementos quando comparado com os solos não cultivados, aumento este devido à adubação química e a calagem aplicadas e seus efeitos não se estendem aos horizontes subsuperficiais. Quando se compara o perfil 3 - solo que recebeu aplicação de vinhaça *in natura*, com o perfil 4 - solo que recebeu aplicação de vinhaça biodigerida, observa-se que, mesmo a vinhaça *in natura* apresentando teores mais elevados desses elementos na sua composição (Tabela 2), ao ser aplicada no solo, esses valores

apresentam-se inferiores ao da vinhaça biodigerida; esse fato, provavelmente, é devido à quantidade aplicada do resíduo ao solo, como se pode observar através das Tabelas 4 e 5, no ano de 1993. O solo do perfil 3 recebeu 102,66 t/ha de vinhaça, enquanto o do perfil 4 recebeu 171,52 t/ha, sendo possível que esta diferença na quantidade aplicada possa ter provocado alterações nas quantidades desses elementos no solo.

TABELA 12 - Complexos trocáveis em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZ.	P	Na	k	Ca	Mg	Al	N+Al	SB	T	V	Al	
		ppm											%
												meq/100 g	
1	A11	6	0,02	0,14	0,4	0,3	1,7	12,3	1,0	12,0	(*)	7	66
	A12	2	0,02	0,04	0,1	0,2	1,0	3,7	0,3	4,0		8	76
	AB	2	0,02	0,05	0,1	0,2	0,9	3,2	0,3	3,5		9	73
	B1	1	0,02	0,03	0,1	0,1	0,6	2,3	0,3	2,6		12	67
	B2	1	0,02	0,01	0,1	0,1	0,5	2,2	0,2	2,5		9	71
2	A1	4	0,02	0,16	0,1	0,2	1,5	8,1	0,4	0,4		6	77
	AB	3	0,02	0,08	0,1	0,1	0,9	4,4	0,3	0,3		7	77
	BA	2	0,02	0,05	0,1	0,1	0,9	3,6	0,3	0,3		8	77
	E1	1	0,03	0,02	0,1	0,1	0,9	3,5	0,3	0,3		8	76
	B2	1	0,04	0,02	0,1	0,1	0,6	2,5	0,3	0,2		9	67
3	Ap1	7	0,02	0,12	2,9	0,7	0,0	2,2	4,1	4,1		73	0
	Ap2	6	0,02	0,33	1,6	0,4	0,1	2,4	2,6	4,9		49	4
	AB	2	0,02	0,11	0,3	0,2	0,8	3,3	0,7	4,2		17	53
	B1	2	0,02	0,12	0,2	0,2	0,7	2,9	0,5	3,4		15	59
	B2	1	0,02	0,09	0,2	0,2	0,4	2,3	0,5	2,7		17	46
4	Ap	24	0,02	0,15	4,5	2,1	0,0	1,1	6,8	7,9		86	0
	AB	11	0,02	0,10	3,4	2,0	0,0	1,2	5,6	6,7		81	0
	BA	2	0,02	0,12	1,7	1,2	0,0	1,4	3,0	4,4		69	0
	B1	2	0,02	0,14	0,6	0,9	0,2	1,8	1,8	3,5		49	10
	B2	2	0,02	0,23	0,4	0,6	0,2	2,0	1,3	3,3		37	16
5	Ap	6	0,02	0,09	1,6	0,7	0,1	1,7	2,5	4,2		62	3
	AB	2	0,02	0,05	0,3	0,2	1,0	2,6	0,7	3,7		21	60
	BA	1	0,02	0,04	0,2	0,1	1,2	2,3	0,5	2,6		16	73
	B21	1	0,02	0,05	0,4	0,2	0,9	2,0	0,7	2,8		25	55
	B22	1	0,02	0,04	0,2	0,1	0,8	1,9	0,4	2,3		19	65

(1) Média de quatro repetições

Ao se analisar os teores de potássio, verifica-se que, nos horizontes superficiais dos solos referentes aos perfis 1 e 2, não cultivados com cana-de-açúcar, quase não houve diferenças, quando comparados com os dos perfis 3 e 4, que

receberam a aplicação de vinhaça. Já no 5, que não recebeu vinhaça, esse valor apresenta-se bem inferior, quando comparado aos demais. Essa pequena diferença nos horizontes superficiais discorda dos resultados obtidos por SENGIK et al (1988), que observaram que os maiores acréscimos de bases trocáveis em solos tratados com vinhaça ocorreram de 0-10cm em profundidade. Os resultados ora obtidos podem ser interpretados em função de uma intensa lixiviação deste cátion para os horizontes subsuperficiais; ao se analisar esses horizontes, no mesmo perfil, nota-se aumento deste cátion, chegando a mais de 100% desde o horizonte A/B até o B2. SENGIK et al. (1988), ao estudarem um latossolo vermelho distrófico (LVd) comparado a um solo podzólico vermelho-amarelo cámbico distrófico (PVCd), observaram maior migração de bases no LVd, que pode ser devido à sua maior permeabilidade. Nesse tipo de solo, a vinhaça teve sua passagem facilitada, diminuindo a chance de troca na camada superficial; os íons sendo levados, em solução, até maiores profundidades, onde ocorreram as trocas iônicas.

Os efeitos da lixiviação para horizontes mais profundos também foram observados para o cálcio e o magnésio, apenas diferindo nas concentrações dos horizontes superficiais, que permaneceram maiores que os demais horizontes.

Quando analisamos os solos do perfil 1 (sob vegetação natural) e do perfil 2 (sob eucalipto), percebe-se que a concentração dessas bases permaneceu quase que inalterada em

todo o perfil, apenas apresentando-se superiores no horizonte superficial, aumento este que, provavelmente, seja devido à grande quantidade de matéria orgânica nesses horizontes. No solo sob eucalipto, apenas o teor de cálcio permaneceu constante em todos os horizontes.

Quanto ao teor de fósforo solúvel, pode-se notar que, em todos os solos, inclusive no do perfil 1 (sob vegetação nativa), os teores de fósforo são altos, sendo que, no do perfil 4 (cana-de-açúcar que recebeu aplicação de vinhaça biodigerida), os teores de fósforo são bem mais elevados que nos demais. Essa variação também pode ser devida à maior quantidade de vinhaça aplicada neste solo no anos de 1993 (Tabelas 4 e 5). De qualquer modo, é possível notar que, em todos os perfis, o teor de fósforo apresentou-se elevado até mais ou menos 30 cm de profundidade, resultado da incorporação da vinhaça, uma vez que não é de se esperar uma translocação desse elemento neste tipo de solo, de modo similar ao observado por CAMARGO et al (1993).

O teor de sódio apresentou-se constante em todos os horizontes dos perfis estudados, não mostrando diferenças entre os solos que não receberam aplicação de vinhaça e os que receberam o resíduo. Resultados como estes concordam com os obtidos por NUNES et al. (1982), que relataram que os teores trocáveis desse elemento não foram diferentes entre solos tratados e não tratados com vinhaça. Esses resultados discordam, porém, dos obtidos por SULTANUM & SILVA (1981), que

indicaram que a concentração nos teores de Na trocável cresceu com o aumento das doses de vinhaça.

O comportamento do alumínio trocável em função da aplicação de vinhaça diferiu entre os perfis estudados. Os perfis 1 e 2 apresentaram os teores de alumínio mais elevados, diminuindo com a profundidade. No solo cultivado com cana-de-açúcar que recebeu aplicação de vinhaça *in natura* (perfil 3), este valor foi igual a zero na camada superficial, sofrendo aumentos nas camadas subsuperficiais, concordando com os resultados obtidos por SEGINK et al. (1988), que observaram uma redução menos acentuada nos teores de alumínio, sendo expressiva no segundo horizonte e quase nula no terceiro e no quarto. No perfil 4, que recebeu aplicação de vinhaça biodigerida, houve redução significativa do alumínio até o terceiro horizonte, havendo aumento expressivo nos horizontes B1 e B2. No perfil 5, que não vem recebendo aplicação de vinhaça, houve redução bastante expressiva no teor de Al, quando comparado com os solos não cultivados, no horizonte superficial, mas nos subseqüentes, esse efeito desapareceu, podendo essa variação ser devida ao efeito da adubação e calagem, que se restringiu ao horizonte superficial.

Os valores de CTC apresentam-se mais elevados na camada superficial do perfil sob vegetação natural, que nos demais perfis, o que pode ser devido à matéria orgânica presente neste horizonte, resultante da decomposição dos restos

vegetais. O perfil 2, sob eucalipto, apresentou os menores valores de CTC.

Quando se compara o solo que não recebeu vinhaça com o que recebeu, percebe-se que apenas no horizonte superficial do solo sob mata esse valor mostrou-se superior; nos demais horizontes, esses valores apresentam-se próximos entre si, e quando comparados com o solo sob eucalipto, são bastante superiores nos perfis que receberam vinhaça. Segundo COLETI (1983), os valores de CTC tendem a aumentar sensivelmente logo após a aplicação da vinhaça, decrescendo gradativamente ao longo do tempo. Esta alteração está mais relacionada com o aumento do Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . O aumento da CTC deve-se principalmente à ação da matéria orgânica da vinhaça e à dissociação dos radicais OH dos minerais da fração argila, motivada pela elevação do pH.

Comparando-se os perfis 3 e 4, percebe-se que a vinhaça biodigerida (Perfil 4) proporciona uma elevação nos valores de CTC em relação à vinhaça *in natura* (perfil 3).

De maneira geral, os valores de V% aumentaram sensivelmente com aplicação de vinhaça. Quando se comparam os perfis 1 e 2 (solos não cultivados com cana-de-açúcar) com os demais (perfis 3, 4 e 5), observa-se essa grande variação. Mesmo no solo do perfil 5, que não recebeu vinhaça nos últimos quatro anos, o valor V% é bastante elevado, resultado provavelmente da adubação química recebida, ou mesmo de um possível efeito residual da vinhaça. COLETI et al. (1983), ao

estudarem os efeitos da vinhaça em um período prolongado, observaram aumento rápido do V% no início, decrescendo gradativamente. Os valores finais, entretanto, quase sempre foram superiores aos iniciais. Os maiores aumentos foram relacionados aos solos mais pobres. No caso do latossolo vermelho amarelo, os aumentos chegaram em 53,5%. No caso da terra roxa estruturada e do latossolo roxo eutrófico, praticamente não houve alterações de valores de V%. No caso do efeito da profundidade, pode-se notar que, para os perfis 1 e 2, houve aumento partindo do horizonte superficial e nos demais, um decréscimo. CAMARGO et al. (1987) observaram um aumento sensível do V% na primeira camada do solo, sendo que a saturação por bases e a soma de bases logicamente seguiram de perto a variação dos teores dos cátions.

As conseqüência sobre o pH, decorrentes das diferenças ocorridas nos perfis estudados, são visualizadas através da TABELA 13. Uma apreciação isolada desse parâmetro revela que os perfis não cultivados (1 e 2) apresentaram um valor de pH inferior a todos os demais perfis cultivados com cana-de-açúcar (Perfis 3, 4 e 5). Essa variação se estende tanto para o pH determinado em H₂O, KCl e CaCl₂. Quando se comparam os solos cultivados que receberam aplicação da vinhaça (3 e 4) com o solo sob cana-de-açúcar que não a recebeu, percebe-se também esse aumento, de onde se pode concluir que a vinhaça promoveu elevações no pH, conforme citado por JESUS et al. (1983), que observaram que esta elevação, ao contrário do que

se podia esperar, uma vez que a vinhaça é um resíduo ácido devido à presença de ácido sulfúrico livre, e devido à ação da matéria orgânica contida na vinhaça. Nestes perfis, ainda se pode observar que esta elevação se restringe aos três primeiros horizontes, ocorrendo a partir daí uma queda acentuada. Segundo SENGIK et al. , os aumentos mais sensíveis de pH ocorreram no primeiro horizonte dos solos cultivados, aparecendo no segundo apenas em doses mais elevadas de vinhaça, o que pode ser atribuído ao processo de redução induzido pela vinhaça (LEAL et al, 1983).

Quando se compara o solo que recebeu vinhaça *in natura* (Perfil 3) com o que recebeu vinhaça biodigerida (Perfil 4), observa-se que houve elevação do pH no segundo perfil, indicando que, através do processo de biodigestão, a vinhaça produzida como resíduo apresenta-se mais alcalina (Tabela 2).

Esse aumento pode ser notado principalmente numa fase inicial em que, segundo COLETI et al. (1988), o pH, numa primeira fase, normalmente aumenta, atingindo valores máximos ao redor de 100 dias, decrescendo a seguir, sendo porém sempre superior ao pH inicial.

Em termos da porcentagem de matéria orgânica, deve-se observar que o solo sob vegetação natural apresentou maior porcentagem, quando comparado aos demais, sendo que os valores mais elevados concentram-se nos 30 cm superficiais, resultante da grande deposição de restos vegetais. O solo do perfil 2, sob eucalipto, apresentou também porcentagem de

matéria orgânica superior a dos solos cultivados com cana-de-açúcar, mas inferior a do solo sob mata, sendo que esta quantidade restringiu-se apenas à camada superficial (0-10cm), diminuindo sensivelmente nos demais horizontes.

Nos demais perfis cultivados (Perfis 3, 4 e 5), observa-se o efeito da vinhaça aplicada ao solo, ao se comparar os perfis 3 e 4 com o perfil 5; essas modificações restringem-se apenas ao horizonte superficial. De acordo com as observações de ALMEIDA (1952), a matéria orgânica da vinhaça é instável e, ao ser aplicada no solo, se decompõe-se facilmente.

TABELA 13 - pH e matéria orgânica em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTES	ESP.BOR. (CM)	pH			M.O. %
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂	
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	4,3	3,4	3,3(*)	7,5
	A12	8-36	4,5	3,8	3,7	5,6
	AB	36-75	4,5	3,8	3,7	1,8
	B1	75-115	4,5	4,1	3,9	1,8
	B2	115-170	4,7	4,2	3,9	1,1
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	4,4	3,4	3,3	4,5
	AB	20-40	4,6	3,8	3,5	1,7
	BA	40-77	4,4	3,8	3,7	1,3
	B1	77-127	4,3	4,0	3,7	1,1
	B2	127-170	4,5	4,1	3,9	0,9
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	6,8	5,1	5,2	4,5
	Ap2	14-32	5,9	4,9	5,0	1,8
	AB	32-65	5,3	3,9	3,8	1,2
	B1	65-115	4,4	4,1	3,9	1,1
	B2	115-160	4,2	4,3	4,1	0,9
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	7,4	6,4	6,4	2,0
	AB	20-45	7,2	6,2	6,2	1,7
	BA	45-85	7,3	6,3	6,2	1,5
	B1	85-130	6,3	5,6	5,6	1,2
	B2	130-170	5,5	5,0	5,6	1,2
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	5,8	4,8	5,0	1,5
	AB	20-45	4,6	4,0	3,9	1,4
	BA	45-73	5,9	4,0	3,8	1,2
	B21	73-110	4,0	4,0	4,0	1,0
	B22	110-170	4,1	4,1	4,1	0,8

(*) - Médias de quatro repetições

Conseqüentemente, uma série de transformações nas propriedades do solo devem ocorrer e tais transformações devem seguir os mais diversos caminhos.

Quando se analisa os efeitos da vinhaça *in natura* e os da biodigerida, verifica-se que a primeira promove um aumento da porcentagem de matéria orgânica em relação à biodigerida. Na própria composição das duas vinhaças (Tabela 2), essa diferença é observada. Conforme discutido anteriormente, a diminuição no teor de matéria orgânica com o processo de biodigestão foi de aproximadamente 64%.

5.4. ANÁLISES BIOQUÍMICAS

5.4.1. Urease

Os resultados obtidos para atividade da urease podem ser visualizados através da Tabela 14, onde se verifica que o perfil que apresentou maior quantidade de matéria orgânica (Tabela 15) também foi o que teve maior atividade enzimática (Perfil 1). Segundo BAVER (1973), a matéria orgânica é fonte de energia e nutrientes para microrganismos; assim, quando incorporada ao solo, contribui para aumento na atividade e na população microbiana. Mesmo a profundidades mais elevadas (até mais ou menos 1,60), esses valores apresentam-se relativamente altos, refletindo, assim, o efeito das raízes da vegetação já

bem desenvolvida ou mesmo da meso e da macrofauna. De acordo com LONGO (1991), a atividade da urease relaciona-se com o tipo e com a quantidade do material orgânico incorporado ao solo.

No solo sob eucalipto (perfil 2), a atividade da urease foi superior, quando comparada aos perfis cultivados com cana-de-açúcar, principalmente nos dois primeiros horizontes. PALMA & CONTI (1990) observaram, que em solos sob vegetação de eucalipto há alta concentração de lignina e celulose no material orgânico incorporado, sendo que a composição química desse material provoca mudanças na atividade enzimática, resultados que concordam com os obtidos por LONGO (1991).

TABELA 14 - Atividade da urease em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP. HOR.(cm)	ATIVIDADE DA UREASE(ppm de N-NH ₄ /h)
1 (CERRADÃO)	A11	0-8/0-5	9,57(*)
	A12	8-36	7,49
	AB	36-75	6,74
	B1	75-115	6,68
	B2	115-170	6,11
2 (EUCALIPTO)	A1	0-20	6,95
	AB	20-40	6,14
	BA	40-77	4,92
	B1	77-127	3,34
	B2	127-170	3,35
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap1	0-14/0-11	5,5
	Ap2	14-32	5,42
	AB	32-65	4,31
	B1	65-115	4,13
	B2	115-160	2,97
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	5,0
	AB	20-45	5,32
	BA	45-85	4,92
	B1	85-130	3,47
	B2	130-170	3,35
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	4,28
	AB	20-45	4,19
	BA	45-73	4,05
	B21	73-110	2,60
	B22	110-170	2,79

(*) - Médias de quatro repetições

Os solos que receberam aplicação de vinhaça (Perfis 3 e 4) apresentaram atividades enzimáticas inferiores às dos solos sob vegetação natural e sob eucalipto, mas superiores às do solo do perfil 5, cultivado com cana-de-açúcar e que não recebeu a aplicação do resíduo. Segundo PALMA et al. (1988) a adição de vinhaça em doses cumulativas inibiu parcialmente a atividade da fosfatase ácida, sendo que, o efeito temporário sobre a atividade da fosfatase foi também encontrado para a atividade de outras enzimas como a celulase, amilase, invertase e urease (TAUK & RUBERGER, 1987).

A vinhaça promoveu um aumento próximo a 23% na atividade da urease, quando se compara o horizonte superficial do solo que recebeu vinhaça *in natura* com o que não recebeu, sendo ambos cultivados com cana-de-açúcar. Esse comportamento é devido ao fato de que, segundo a sua origem, a vinhaça pode ser considerada um "extrato de levedura" diluído, constituindo um meio complexo que favorece o desenvolvimento de uma gama variada de microrganismos, especialmente quando de sua aplicação ao solo como fertilizante (CALDAS, 1960).

Quanto ao efeito da vinhaça biodigerida, pode-se dizer que esta proporcionou, como era de se esperar, um aumento na atividade da urease menor do que o observado na vinhaça *in natura*, em torno de 11%, pois esta, uma vez que, possui quantidade de matéria orgânica inferior (Tabela 2).

Em todos os perfis estudados, a atividade enzimática restringiu-se mais aos três primeiros horizontes, sendo estes os locais que apresentam maior conteúdo de matéria orgânica.

5.4.2. N-total, C-orgânico e relação C/N

Pela análise dos dados da Tabela, observa-se que os teores de carbono orgânico e nitrogênio total diminuíram da condição de cobertura vegetal original da região (Cerradão) para eucalipto e finalmente para a cultura de cana-de-açúcar, sendo que as diferenças foram mais marcantes nos horizontes superficiais. Comparando-se o solo sob vegetação natural (Perfil 1) com o solo cultivado com cana-de-açúcar que não recebeu aplicação de vinhaça (Perfil 5), constata-se queda de aproximadamente 70% no conteúdo de carbono orgânico, indicando que a introdução de atividade agrícolas promove queda sensível no conteúdo desse elemento, confirmando o que foi exposto por DABIN (1982) e TIESSEN et al (1984), à respeito do desequilíbrio causado pelo cultivo num ecossistema florestal, alterando, assim, os padrões de produção, estabilização e perda do material orgânico, provocando, portanto, redução no teor de material orgânico em solos cultivados. A mesma tendência foi observada para o conteúdo de N-total e relação C/N. Analisando-se o efeito da aplicação de vinhaça sobre o conteúdo de C-orgânico, N-total e relação C/N, pode-se notar que, ao se comparar o perfil, 3 e 5, a adição de vinhaça

promoveu aumento de cerca de 40% no conteúdo de C-orgânico e de 30% no de N-total, concordando com CAMARGO et al. (1983), que observaram aumento no carbono orgânico e nitrogênio total em solos que receberam a aplicação de vinhaça por 3 a 6 anos.

TABELA 15 - N-total, C-orgânico e relação C/N em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP. HOR. (cm)	N-TOTAL(%)	C-ORGÂNICO(%)	C/N
1 (CERADÃO)	A1	0-8/0-5	0,11(*)	1,70	15
	AB	6-36	0,06	0,66	11
	BA	36-75	0,04	0,45	11
	B1	75-115	0,04	0,37	9
	B2	115-170	0,04	0,33	8
2 (EUCALIPTO)	Ap1	0-20	0,08	1,01	12
	Ap2	20-40	0,06	0,65	11
	AB	40-77	0,04	0,47	11
	B1	77-127	0,04	0,40	10
	B2	127-170	0,03	0,32	10
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap	0-14/0-11	0,07	0,94	13
	AB	14-32	0,05	0,69	13
	BA	32-65	0,04	0,49	12
	B1	65-115	0,03	0,31	10
	B2	115-160	0,03	0,30	10
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	0,07	0,84	12
	AB	20-45	0,05	0,65	13
	BA	45-85	0,05	0,58	11
	B1	85-130	0,05	0,52	11
	B2	130-170	0,03	0,30	10
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	0,05	0,56	11
	AB	20-45	0,05	0,53	10
	BA	45-73	0,04	0,36	9
	B21	73-110	0,04	0,34	8
	B22	110-170	0,02	0,27	8

(*) - Médias de quatro repetições

Quanto à degradabilidade, os restos vegetais adicionados ao solo pela vegetação natural (plantas arbóreas), como folhas, raízes e caules apresentam decomposição mais lenta, permanecendo por mais tempo no solo, sendo esta talvez uma justificativa para terem cerca de 50% a mais no conteúdo de C-orgânico e de 35% no de N-total (perfil 1 confrontado o perfil 3).

A vinhaça constitui uma excelente fonte de material carbonáceo prontamente assimilável na forma principalmente de pentoses e ácidos orgânicos, presentes numa concentração variável entre 1 e 2% (BRASIL, 1981), estimulando o crescimento de microrganismos, geralmente limitados pelo suprimento de material energético.

Em relação à vinhaça biodigerida, é de se notar que esta promoveu aumento aproximado de 30% no conteúdo de C-orgânico e de N-total, indicando que, mesmo com um baixo conteúdo de matéria orgânica total, em relação à vinhaça *in natura* (Tabela 2), promoveu aumento sensível nos teores desses elementos.

Observando-se os resultados obtidos, percebe-se que os teores de C-orgânico e N-total diminuíram rapidamente da superfície para as camadas mais profundas, chegando a uma queda em torno de 60% no solo sob vegetação natural, em 5-10 cm de profundidade, e em torno de 20% para o solo cultivado com cana-de-açúcar. Segundo MELO (1994), nos primeiros centímetros de um solo virgem sob vegetação de floresta ocorre uma queda muito rápida na distribuição de matéria orgânica, seguida de uma camada de penetração na qual a distribuição é lenta; finalmente, passa a ocorrer uma diminuição lenta e assintótica em função da profundidade. No caso de solos sob vegetação de gramíneas (como a cana-de-açúcar), a distribuição de matéria orgânica em função da profundidade apresenta um outro comportamento (Figuras 34, 35 e 36). Neste caso, a contribuição de raízes é muito grande, e como em muitos casos

estas atingem profundidades razoáveis, apresentando um ciclo vital relativamente curto, o teor de matéria orgânica decresce gradualmente com a profundidade.

5.4.3. Fracionamento químico da matéria orgânica

Os resultados obtidos com o fracionamento químico da matéria orgânica, expressando as frações de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, estão apresentados na Tabela 16. Pela análise dos dados, pode-se notar que, em todos os perfis estudados, a porcentagem de humina foi sensivelmente maior que as demais frações, ficando em torno de 70% do conteúdo do C-orgânico total, seguidos pelos ácidos fúlvicos, que variam em torno de 20%, e pelos ácidos húmicos, de 10%. NASCIMENTO & MELO (1988), estudando um latossolo vermelho-escuro álico, textura argilosa, sob vegetação de cerrado e após ser cultivado com soja, observaram que a distribuição do carbono nas frações húmicas, em relação ao C-orgânico total, foi de 4, 25 e 58%, respectivamente, para ácido húmico, ácido fúlvico e humina.

Ao analisar-se perfil 1, sob vegetação natural em relação aos demais perfis, principalmente aqueles cultivados com cana-de-açúcar (3, 4 e 5), verifica-se que houve decréscimo sensível nos teores das diferentes frações da matéria orgânica, especialmente nos horizontes superficiais, demonstrando que o solo sob vegetação nativa, além de

apresentar um conteúdo de C-orgânico superior aos demais, apresenta este conteúdo distribuído de maneira mais estável no solo. VOLKOFF et al. (1978) mencionaram a seguinte ordem decrescente de estabilidade de substâncias húmicas: humina de precipitação e humina residual > ácidos fúlvicos livres > ácidos húmicos e ácidos fúlvicos ligados > humina herdada. Constataram que o húmus era constituído de duas partes, sendo uma bastante transitória e outra mais permanente. Na primeira, as frações mais características são os ácidos húmicos e uma fração da humina chamada de humina herdada. Na segunda, os ácidos fúlvicos e uma outra fração de humina, chamada de humina precipitação.

Em relação ao efeito da vinhaça sobre os constituintes das frações orgânicas do solo, por comparação do perfil 3 com o perfil 5, é de se notar que esta promoveu um aumento bastante sensível no conteúdo de humina (em torno de 48%); com relação aos ácidos húmicos e fúlvicos, essa variação apresentou-se menos expressiva (21 e 25%, respectivamente); comportamento bastante similar foi observado para a vinhaça biodigerida por comparação com o perfil que não recebeu a aplicação do resíduo.

Quanto à distribuição no perfil, houve diminuição sensível no teor de humina e de ácido húmico, principalmente no perfil sob vegetação natural, a partir do horizonte superficial para os horizontes subjacentes. Segundo VOLKOFF & CERRI (1981), a concentração de húmus na superfície e sua

diminuição rápida em profundidade é uma indicação de que as pequenas moléculas precursoras das substâncias húmicas, fornecidas pela serapilheira, permanecem em grande parte na superfície e migram pouco em profundidade.

TABELA 16 - Fracionamento químico da matéria orgânica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZONTE	ESP.HOR. (cm)	ÁCIDO HUMICO(%)	ACIDO FÚLVICO(%)	HUMINA(%)
1 (CERRADÃO)	A1	0-8/0-5	0,18(*)	0,20	1,32
	AB	8-36	0,06	0,15	0,45
	BA	36-75	0,05	0,06	0,32
	B1	75-115	0,06	0,07	0,24
	B2	115-170	0,04	0,07	0,22
2 (EUCALIPTO)	Ap1	0-20	0,15	0,13	0,73
	Ap2	20-40	0,12	0,12	0,41
	AB	40-77	0,06	0,10	0,31
	B1	77-127	0,05	0,08	0,27
	B2	127-170	0,03	0,07	0,22
3 (VINHAÇA "IN NATURA")	Ap	0-14/0-11	0,12	0,14	0,66
	AB	14-32	0,08	0,11	0,50
	BA	32-65	0,05	0,08	0,36
	B1	65-115	0,04	0,06	0,21
	B2	115-160	0,03	0,05	0,22
4 (VINHAÇA BIODIGERIDA)	Ap	0-20	0,09	0,11	0,64
	AB	20-45	0,08	0,09	0,51
	BA	45-85	0,06	0,08	0,41
	B1	85-130	0,05	0,08	0,39
	B2	130-170	0,01	0,06	0,23
5 (SEM VINHAÇA)	Ap	0-20	0,09	0,12	0,35
	AB	20-45	0,08	0,09	0,36
	BA	45-73	0,06	0,07	0,23
	B21	73-110	0,05	0,05	0,24
	B22	110-170	0,04	0,03	0,10

(*) - Médias de quatro repetições

Em relação ao ácido fúlvico, pode-se notar que em todos os perfis, a queda foi mais gradual em profundidade, podendo esta ser atribuída a uma possível percolação de ácido para os horizontes mais profundos do solo.

Segundo MELO (1994), sob determinadas condições, ainda não totalmente esclarecidas, componentes da matéria orgânica dos horizontes superficiais são colocados em dispersão e levados para as camadas mais profundas pela água de percolação. Aí, novamente por mecanismos ainda não totalmente

esclarecidos, precipitam e enriquecem aquela camada em matéria orgânica.

Nos demais perfis, verifica-se a mesma tendência de queda partindo do horizonte superficial para os horizontes subseqüentes, mas esta queda apresenta-se de maneira bem menos acentuada, principalmente naqueles solos cultivados com cana-de-açúcar, refletindo o mesmo comportamento observado para o C-orgânico.

7. CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados obtidos, pôde-se concluir que a aplicação de vinhaça no solo representa, de fato, uma alternativa viável para o reaproveitamento deste resíduo extremamente abundante na agroindústria alcooleira. No solo, ela promove melhoria nos seus atributos físicos, químicos e bioquímicos, diminuindo a densidade, promovendo aumentos na porosidade total do solo, na estabilidade de agregados, na atividade da urease e no conteúdo de matéria orgânica.

Quanto à vinhaça biodigerida, foi possível concluir que ela também promoveu melhoria nos atributos dos solos estudados, porém de uma maneira menos acentuada. Deste modo, a biodigestão apresenta-se como uma interessante forma de aproveitamento da vinhaça, uma vez que este processo, além de produzir metano que (0,3 a 0,5 m³ por Kg de D.B.O.), servindo com alternativa de combustível, o resíduo produzido apresenta-se como um bom fertilizante.

O estudo realizado não esgota a avaliação da aplicação de vinhaça sobre características do solo. Sugere-se, em continuidade, análises interativas do efeito deste resíduo nos diversos atributos do solo estudados, que vão desde o seu

efeito acumulativo por um maior espaço de tempo, até uma possível influência que possa causar no lençol freático.

8. APÊNDICE

TABELA 1 - Dados de precipitação atmosférica no município de São João da Boa Vista -SP, em milímetros de chuva.

MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)										
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Dez.	457,2	312,6	192,8	423,3	218,9	171,9	272,8	122,0	309,4	161,8	
Nov.	141,4	164,4	128,0	130,1	251,2	180,0	184,1	173,4	122,1	167,4	
Out.	268,0	18,6	44,2	76,4	62,2	244,8	82,6	126,7	95,2	285,9	
Set.	254,9	94,8	74,6	21,3	119,6	22,7	76,9	64,8	69,5	187,4	
Ag.	--	110,2	15,2	110,5	4,0	60,7	43,8	84,6	--	28,4	
Jul.	69,1	--	1,4	29,5	13,8	25,2	82,8	18,4	20,3	29,8	
Jun.	87,1	--	20,2	--	36,4	68,6	17,9	7,1	14,7	--	
Mai	179,4	66,6	27,8	109,2	132,5	81,2	19,6	63,6	50,9	103,4	85,0
Abr.	134,7	218,8	82,9	85,97	159,4	145,6	70,4	92,9	189,4	63,5	91,2
Mar.	213,3	40,8	257,2	180,5	131,9	107,3	236,2	217,5	441,1	176,2	183
Fev.	187,2	37,1	130,4	223,9	122,5	250,9	358,7	146,4	161,9	102,1	226
Jan.	485,5	95,4	378,5	227,0	277,4	221,8	206,8	222,9	223,4	244,9	126
\bar{X}	206,4	96,62	112,8	134,8	127,5	131,7	137,7	111,7	142,3	129,2	

TABELA 17 - Descrição morfológica em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob
vegetação natural, eucalipto e cana-de-açúcar.

PERFIL	HORIZ.	ESP. HOR. (cm)	CARACTERÍSTICAS
1	A11	0-8 / 0-5	Granular/grande/forte a moderada (aspecto grumoso); macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros médios e grandes abundantes; raízes muito finas e abundantes; transição ondulada e clara
	A12	8-36	Composta/blocos médios/ moderada e granular média moderada; ligeiramente duro, friável, plástico pegajoso; poros grandes, médios e pequenos; raízes muito finas abundantes e grossas comuns; transição plana gradual
	AB	36-75	Blocos subangulares pequenos/ moderado a fraco e granular pequena fraca; ligeiramente duro, muito friável, plástico pegajoso; poros médios e pequenos; raízes muito finas, finas e grossas abundantes; transição plana gradual
	B1	75-115	Maciça que se rompe em blocos pequeno fraco e granular pequena fraca; ligeiramente duro, muito friável, plástico pegajoso; predomínio de microporos; raízes muito finas comuns, finas abundantes e grossas comuns; transição plana e difusa
	B2	115-170	Maciça que se rompe em granular muito pequena fraca; macio, muito friável, plástico pegajoso; predomínio de microporos; raízes finas comuns, finas abundantes e grossas comuns
2	A1	0-20	Granular/média/moderada; ligeiramente duro; friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; poros médios e grandes comuns; raízes médias e finas abundantes e grossas comuns
	AB	20-40	Composta/blocos médios e pequenos/ moderada e granular média a pequena moderada; ligeiramente duro; muito friável; plástico e pegajoso; poros grandes, médios e pequenos; raízes médias e finas abundantes e grossas poucas; transição plana e gradual
	BA	40-77	Composta/blocos médios e pequenos/ moderada e granular média e moderada; ligeiramente duro; muito friável; plástico e pegajoso; poros grandes e médios poucos e pequenos abundantes; raízes médias e finas abundantes e grossas poucas; transição plana e gradual
	B1	77-127	Maciça que se rompe em blocos pequenos e fracos e granular pequena fraca; macia; muito friável; plástico e pegajoso; poros médios e comuns e pequenos abundantes; raízes médias e finas abundantes e grossas poucas; transição plana e difusa
	B2	127-170	Maciça que se rompe em blocos pequenos fracos e granular pequena fraca; macia; muito friável; plástico e pegajoso; microporos abundantes; raízes médias abundantes, finas e grossas poucas

3	Ap1	0-14/0-11	Maciça que se rompe em granular muito pequena fraca e torrões grandes; muito dura; plástico pegajoso; poros médios comuns; raízes finas comuns; transição plana clara
	Ap2	14-32	Maciça que se rompe em torrões grandes e muito grandes; plástico pegajoso; poros médios comuns; raízes finas e médias comuns; transição plana gradual
	AB	32-65	Composta em blocos grandes fracos e granular pequena fraca; plástico pegajoso; poros médios poucos; raízes médias comuns mortas; transição plana difusa
	B1	65-115	Maciça que se desfaz em microagregados; plástico pegajoso; poros médios poucos; raízes médias abundantes (mortas); transição plana difusa
	B2	115-160	Maciça porosa que se desfaz em microagregados; plástico pegajoso; microporos abundantes; raízes médias abundantes (mortas)
4	Ap	0-20	Maciça que se rompe em torrões pequenos e duros e granular muito pequena fraca; duro; friável; plástico pegajoso; microporosidade; raízes finas abundantes; transição plana e gradual
	AB	20-45	Maciça que se rompe em torrões grande duro; friável; plástico pegajoso; poros médios comuns; raízes finas e médias comuns (mortas); transição plana e gradual
	BA	45-85	Composta por blocos pequenos moderado e granular pequena fraca; muito friável; plástico pegajoso; microporosidade; raízes médias comuns (mortas); transição plana difusa
	B1	85-130	Maciça que se rompe em granular muito fraca; muito friável; plástico pegajoso; microporosidade; raízes médias comuns (mortas); transição plana e difusa
	B2	130-170	Maciça muito porosa que se rompe em microagregados; muito friável; plástico pegajoso; microporosidade; raízes médias poucas
5	Ap	0-20	Maciça que se rompe em torrões pequenos e ligeiramente duro e granular muito pequena fraca; macia e friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; predominância de microporos; raízes muito pequenas e abundantes
	AB	20-45	Maciça que se rompe em torrões pequenos e macios; friável; plástico pegajoso; predominância de microporos; raízes médias abundantes (mortas); transição plana e gradual
	BA	45-73	Maciça que se rompe em blocos pequenos e fracos e granular muito pequena fraca; muito friável; plástico pegajoso; presença de microporos; raízes médias abundantes (mortas); transição plana e difusa
	B21	73-110	Maciça porosa que se rompe em microagregados; muito friável; plástico pegajoso; presença de microporos; raízes médias abundantes (mortas); transição plana e difusa
	B22	110-170	Maciça porosa que se rompe em microagregados; muito friável; plástico pegajoso; presença de microporos; raízes médias abundantes (mortas)

TABELA 16 - Descrição de cor em Latossolo Vermelho-Amarelo textura média sob vegetação natural, eucalipto e cans-de-açúcar.

PERFIL	HORIZ.	COR/SECA	COR/UMIDA	COR/AMASSADA (Seca/Umida)
1	A11	10R 4/3 verm. fraco	10R 3/4 verm. pardo	5YR 4/6 - verm. amarelado 10R 4/3 - marrom avermelhado
	A12	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 5/6 - verm. amarelado 5YR 5/6 - verm. amarelado
	AB	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/6 - verm. amarelado
	B1	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	B2	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
2	A1	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	AB	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 4/4 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	BA	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 3/3 mar. averm. esc.	5YR 4/4 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	B1	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	B2	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 4/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
3	Ap1	5YR 5/3 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 5/3 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	Ap2	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 5/3 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	AB	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 3/3 mar. averm. esc.	5YR 5/3 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	B1	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 2,5YR 4/6 - verm. amarelado
	B2	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 4/6 - verm. amarelado
4	Ap	5YR 4/3 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 3/4 - marrom avermelhado
	AB	5YR 4/3 marrom averm.	5YR 3/4 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 4/3 - marrom avermelhado
	BA	5YR 5/4 marrom averm.	5YR 4/3 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 4/3 - marrom avermelhado
	B1	5YR 5/4 marrom averm.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 4/4 - marrom amarelado
	B2	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 5/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado

5	Ap	5YR 5/4 marrom averm.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 5/6 - verm. amarelado 5YR 4/4 - marrom avermelhado
	AB	5YR 5/6 verm. amarel.	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 6/6 - amarelo avermelhado 5YR 4/6 - verm. amarelado
	BA	5YR 5/6 verm. amarel.	5YR 5/6 verm. amarel.	5YR 5/4 - marrom avermelhado 5YR 4/6 - verm. amarelado
	B21	5YR 5/4 marrom averm.	5YR 4/4 marrom averm.	5YR 6/6 - amarelo avermelhado 2,5YR 4/6 - verm. amarelado
	B22	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 4/6 verm. amarel.	5YR 6/6 - amarelo avermelhado 2,5YR 4/4 - verm. amarelado

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P. U. R., GOEPFERT, C. F., GUERRA, M., ELTZ, F.L. F. CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 3, p. 169-172, 1979.
- AGUIAR, M.A.; FREIRE, W.J.; ALBUQUERQUE, P.J.R. Caracterização química e física de dois solos tratados com vinhaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Santa Maria, 1992. Anais... Santa Maria, UF de Santa Maria, 1992. p. 245-56.-
- ALLISSON, F.E. *Soil organic matter and its role in crop production*. Amsterdam: Elsevier, 1973. 637 p.
- ALMEIDA, J.R., RANZINI, G. & VALSECHI, O. La vinasse dans l'agriculture. *Boletim do Instituto Zimotécnico*, nº 1, Piracicaba, p.21, 1950.
- L' emploi de la vinasse dans l'agriculture. *Boletim do Instituto Zimotécnico*, Piracicaba, nº 2, p.16, 1951.
- ALMEIDA, J.R. A vinhaça na agricultura. *Boletim do Instituto Zimotécnico* no 21, ESALQ/USP. Piracicaba, 1952a.
- ALMEIDA, J.R.; RANZINI, G. & VALSECHI, O. O emprego da vinhaça na agricultura. *Boletim do Inst. Zimotécnico* no 2, ESALQ/USP. Piracicaba, 1952b.
- ALMEIDA, J.R. O problema da vinhaça em São Paulo. *Boletim do Inst. Zimotécnico* n.3, p.1-4, ESALQ/USP. Piracicaba, 1952.

ALMEIDA, J.R. O problema da vinhaça em São Paulo. Piracicaba, Instituto Zimotécnico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 23p. (Boletim 3), 1955.

----- . Composição, proporção e aplicação da vinhaça. In: *III Semana de Fermentação Alcoólica*, 3, Piracicaba, v.2, p.370-383, 1962.

BATISTELLA, J.R., LEME, E.J.A. ROSENFELD, U. Estudo de doses de vinhaça aplicada por aspersão em cana-de-açúcar. In: *Simpósio Latino-americano sobre Modalidades de Financiamento á Produção de Energia Renovável*, Rio de Janeiro, 1981.

BAVER, L. D., GARDNER, W. H. *Soil physics*. 4. ed. New York: John Wiley, 1972, 498 p.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H. *Física de Suelos*. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 529 p., 1973.

BOUMA, J., HOLE, F.D. Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites: a Typic Argiudoll (silt loam) and a Typic Eutrocherept (clay). *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 35, p. 316- 319, 1971.

BRASIL, J. *Utilização de vinhaça como fertilizante em solos da região canavieira de Campos*. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1981, 347p.

BROWING, G.M. & MILAM, F.M. Effect of different types of organic materials and lime on soil aggregation. *Soil Sc. Soc. of Am. Proc.*, Baltimore, v. 57, p. 91-106, 1944.

BUCKMAN, H.O., BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. USAID. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A., 1967. 594 p. (Programa de Publicações Didáticas - Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional).

BURNS, R.G. *Soil enzymology*. *Sci. Prog.* Oxford, v. 64, 275 - 285, 1977.

CALDAS, H.E. Calda de destilaria como fertilizante. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Nordeste, Recife, v.10, p. 1-14, 1960.

-----, Modificação no pH de solos tratados com calda de destilaria. In: *II Reunião de Investigação Agrônômica do nordeste, Recife, v. 4, p. 29-31, 1962a.*

-----, Modificação na microflora dos solos tratados com calda. In: *II Reunião de Investigação Agrônômica do Nordeste, Recife, v. 4, p. 35-37, 1962b.*

CAMARGO, O.C., VALADARES, J.M.A.S., GERALDI, R.N. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. Boletim Técnico, Campinas, no 76, 1983.

-----, BERTON, R.S. GERALDI, R., VALADARES, J.M.A.S. Alterações de características químicas de um Latossolo Roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool açucareira. *Bragantia, Campinas, 43(1), p.125-139, 1984.*

-----, BERTON, R.S., VALADARES, J.M.A.S. TEOFILO, S.J. Características físicas de um solo que recebeu vinhaça. *Campinas, IAC, 1988, 12p. (Boletim Científico, 14).*

-----, VALADARES, J. M A. S., BERTON, R. S., TEÓFILO Sobrinho, J., MENK, J. R. F. Alteração de características químicas de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico pela aplicação de vinhaça. *Boletim científico (9) - Instituto Agrônômico de Campinas, 1987. 23p.*

CAMARGO, R. O desenvolvimento da flora microbiana nos solos tratados com vinhaça. *Boletim do Inst. Zimotécnico n. 9, ESALQ/USP, Piracicaba, 1954.*

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. de Ci.Solo, v. 14, p. 99-105, 1990.*

CAMPOS, M.P. Problemas da indústria do etanol. *Rev. de Química Industrial, v. 19, p. 15-21, 1980.*

- CHESTERS, G., ATTOE, O.J. ALLEN, O.N. Soil aggregation in relation to various soli constituents. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 21, p. 272-277, 1957.
- CINTRA, F.D.L., MIELNICKUK, J. SCOPEL, I. Caracterização do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande de Sul. *R. Bras. de Ci. do Solo*, Campinas, v. 7, 323-327, 1983.
- COLETI, J. T., LORENZENTTI, J. M., GASPARINI, C. T., DEMATTÊ, J. L. I., FREITAS, P. G. R. Efeito da aplicação de vinhaça nas propriedades dos solos da Usina São José-Macatuba. *STAB*, Piracicaba, v.1, p. 12-17, 1983.
- COPERSUCAR. *Aproveitamento da vinhaça: Viabilidade técnica-econômica*. São Paulo, 66p., 1978.
- DABIN, B. *Curso sobre matéria orgânica do solo. Parte 1. Análise dos compostos húmicos do solo*. Piracicaba: CENA, 1976, 115p.
- EDWARDS, A. P., BREMER, J.M. Microagregates in soils. *The Journal of Soil Science*, v. 18, p. 64-73, 1987.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*, Rio de Janeiro, 1979.
- FASSBENDER, H.W. *Química de suelos com énfasis en suelo de America Latina*. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperation para la Agricultura (IICA). 4 reimpression, 1984, 422p.
- FERNANDES, M.R. Alterações na estrutura de latossolos argilosos submetidos ao uso agrícola. *Tese de mestrado*. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. 1993. 186 P.
- FERREIRA, M.E., SOUZA, E.A., TOLEDO Jr, G.P., KRONKA, S.N., ALOISI, R.R. Influência do selênio e do cobre na determinação do nitrogênio total de solos. In: *Encontro Regional da SBPC*, Jaboticabal, v. 1, p. 56, 1974.

FERREIRA, E.S. & MONTEIRO, A.O. Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. COPERSUCAR, São Paulo, p.3-7, 1987. (Boletim Técnico 36).

FILGUEIRAS, G. Novo processo para utilização das águas residuárias das indústrias agrícolas. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 46(4), p. 496-498, 1955.

FORTUN, C., FORTUN, A. Diversos aspectos sobre el papel de la matéria orgânica humificada en la formación y estabilización de los agregados del suelo. *Annales Edafologicos y Agrobiologicos*, v. 48, p. 185-204, 1989.

GLÓRIA, N.A. Utilização agrícola da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, v.5, p 11-17, 1975.

-----, Emprego da vinhaça para fertilidade. *CODISTIL*, Piracicaba, 31 p., 1976.

-----, SANTA'ANA, A.G., MONTEIRO, H. Composição dos resíduos de usinas de destilarias de álcool, durante a safra canavieira. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 80(5), p.38-44, 1972.

-----, & MATIAZZO, M.E. Efeitos da matéria orgânica na solubilização de fosfatos no solo II. Efeitos de resíduos de usinas de açúcar e destilaria (Bagaço de cana, torta de filtro e vinhaça), *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 88(5), p. 22-31, 1976.

-----, & MATIAZZO, M.E. Efeitos da matéria orgânica na solubilização de fosfatos no solo III. Efeitos de resíduos de destilaria (vinhaça). *Brasil Açucareiro*, v.85, p.55-62, 1976.

-----, & MAGRO,, J.A. Utilização agrícola de resíduos de usinas de açúcar e destilarias da Usina da Pedra. *Anais do IV Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira*, águas de Lindóia, v.4, p.163-180, 1976.

- , & ORLANDO FILHO. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussão sobre o que foi pesquisado: primeira parte, *Álcool & Açúcar*. São Paulo, v. 14, p. 24-35, 1984.
- HARRIS, R. F., CHESTERS, G., ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy, WISCONSIN*, v. 18, p. 107-169, 1966.
- HENIN, S., GRAS, R., MONIER, G. *Os solos agrícolas*. Rio de Janeiro, Editora Forense Universitária Ltda. 327 p., 1976.
- HILLEL, D. *Soil and water: physical principles and processes* Academic Press: new York, 1971, 288 p.
- JESUS, O.P., BARBOSA, E., BRITO, E.R. BRITO. Comportamento do vinhoto em bacias de acumulação das usinas do Norte-fluminense (RJ). *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Camboriu, Santa Catarina, 32p., 1983.
- KIEHL, E.J. *Manual de Edafologia: relação solo-planta*. São Paulo: Ceres, 1979, 262p.
- KNOWLES, R. The significance of assymbiotic dinitrogen fixation by bacteria. In: HARDY. R.W.F.; GIBSON, A.H., ed. *A treatise on dinitrogen fixation section IV*. New York, John Wiley, 1977, 33-64.
- LEAL, J.R.; NUNES, M.R.; VELLOSO, A.C.X. Efeito da vinhaça na lixiviação de nutrientes do solo II. Fosfato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17 (2), p. 177-180, 1982.
- LEAL, J.R., AMARAL Sobrinho, N. M. B., VELLOSO, A. C. X., VELLOSO, R. O. P. Potencial redox e pH: variação em solo tratado com vinhaça. *Rev. Bras. Cien. Solo*, Campinas, v. 7, p. 257-261, 1983.
- LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo*, Campinas, 1984, 45p.

LONGO, R.M. *Atividade da urease em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro textura média: Estudo do comportamento cinético, efeito do armazenamento, da cobertura vegetal e da época de amostragem.* Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1991, 78p.

LOUÉ, A. Potassium research. Research and trends. International Potash Institute, Bern, p.407-433, 1978.

LOW, A.J. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). *The Journal of Soil Science*, Oxford, v. 23, p. 363-380, 1972.

LYON, T. L., BUCKMAN, H. O. *Naturaleza y propiedades del suelo.* Buenos Aires: ACME Agency, 1947, 479 p.

MACHADO, J. A., PAULA SOUZA, D. M. de, BRUM, A. C. R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. *R. Bras. de Ci. do Solo*, Campinas, v. 2, p. 81-84, 1978.

MACHADO, J.A., PAULA SOUZA, A.C.R., BRUM, A.C.R. Efeito de anos de cultivo convencional em algumas propriedades físicas do solo. *R. Bras. de Ci. do Solo*, Campinas, 5(3), p. 187-189, 1981.

MAGRO, J.A. Uso da vinhaça em cana-de-açúcar na Usina da Pedra. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.92, p.232-240, 1978.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação.* São Paulo: Ceres, 3 ed. 1981, 596 p.

MAY, P.B., DUGLAS, L.A. Assay for soil urease activity. *Pl. and Soil*. Netherlands, v. 27, p. 217-238, 1986.

MELO, W.J. *Variação do N-amoniacal e N-nitrico em um Latossolo Roxo cultivado com milho (Zea mays, L.) e com Lablab (Dolichos Lablab),* Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974. 104p.

MELO, W.J. *Matéria orgânica.* Apostila do curso de pós-graduação FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal-SP, 1994, 77p.

- MENEZES, T.J.B. *Etanol o combustível do Brasil*. São Paulo, Ceres, 233 p., 1980.
- MENGEL, K. & KIRBKBY, E.A. Principles of plant nutrition. *International Potash Institute*, Bern, 595p, 1978.
- MIAYASAKA, S., CAMARGO, O.A., CAVALERI, P.A., GODOY, I.J., CURI, S.M., BONBARDI NETO, F., MEDINA, J.C., CERVELLINI, G.S., BULISANI, E.A. *Adubação orgânica, adubação verde e rotação verde e rotação de culturas no estado de São Paulo*. São Paulo, Fundação Cargill, 1983. 138p.
- MINHONI, M.T.A., EIRA, A.F., CARDOSO, E.J.B.N. Efeitos da adição de N e P sobre a decomposição de diferentes tipos de material orgânico no solo. *R. Bras. de Ci. do Solo*, Campinas, v. 14, p. 297-304, 1990.
- MORAES, W.V. Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de cultivo. Lavras: ESAL, 1984. 207 p. *Tese de mestrado*, 1984.
- MOURA FILHO, W., BUOL, S.W. Studies of Latossol Roxo (Eutruxox) in Brazil: description, setting and characterization. *Experientiae*, Viçosa, 13 (7), p. 201-217, 1972.
- NASCIMENTO, V.M., MELO, W.J. Efeito da rotação de culturas sobre o teor de matéria orgânica de um Latossolo sob vegetação de cerrado. *Científica*, São Paulo, 16(1), p. 13-19, 1988.
- NEVES, M. C. P. Energy cost of biological nitrogen fixation, In: GRAHAM, P. H. & HAREIS, S. C. ed. *Biological nitrogen fixation technology for tropical agricultura*. Cali, Colombia Publications CIAT, p. 77-92, 1982.
- NEVES, M. C. P. , LIMA, L. T., DOBERENINER, J. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. *R. Bras. Cien. Solo*, V. 7, P. 131-136, 1983.

- NUNES, M.R.; VELOSO, A.C.X.; LEAL, J.R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.16, p.171-177, 1981.
- Efeitos da vinhaça na lixiviação de nutrientes do solo. III Potássio, Cálcio e Magnésio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17 (3), p. 371-374, 1982.
- NEVES, M.C.P. *Energy cost of biological cost of biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture*. Cali, Colombia Publications. CIAT, 1982, p. 77-92.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and soils*, v. 76, p. 319-337, 1984.
- ORLANDO FO, J. Sistemas de aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar. *Álcool e Açúcar*, São Paulo, v.1, p. 28-32.
-, SILVA, G.M.A.; LEME, E.J.A. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: *Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar no Brasil*. Coordenador: J. ORLANDO F. IAA/ PLANALSUDCAR, 2 Piracicaba, p. 228-264, 1983.
- PALMA, M. S., TAVUK, S. M., RAYMUNDO, JR., O. Atividade da fosfatase ácida em Latossolo Vermelho-amarelo, textura média, tratado com vinhaça no município de Corumbataí (SP), v. 7, p. 131-136, 1988.
- PALMA, M. P., CONTI, M. E. Urease activity in Argentine soils: field studies and influence of sample treatment. *Soil Biol. Biochem.*, England, v. 22, p. 105-115, 1990.
- PRINAVESI, A. *O manejo ecológico do solo*. São Paulo: Nobel, 1987. 541 p.
- RADER, JR., L.F., WHITE, L.M.; WHITTAKER, C.V. The saltindex - a measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. *Soil Sci.*, New Brunswick, v. 55, p. 201-218, 1943.

- , SILVA, G.M.A.; LEME, E.J.A. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: *Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar no Brasil*. Coordenador: J. ORLANDO F. IAA/ PLANALSUCAR, 2 Piracicaba, p. 228-264, 1983.
- RAIJ, B. PEECH, M. Eletrochemical properties of some toxisols and alfisols of the tropics. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 36, p. 587-593, 1972.
- RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras: ESAL, TESE DE MESTRADO, 1981, 161 p.
- RANZANI, G. BRASIL SOBRO, M.O.C.; MALAVOLATA, E.; COURY, T. Vinhaça e adubos minerais(I). *Anais da ESALQ/ USP*, Piracicaba, v.10, p.96-108, 1953.
- , Conseqüência da aplicação do restilo ao solo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.12, p.57-68, 1956.
- REZENDE, J.O. Conseqüência da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial (estudo de caso), Piracicaba, 112p, 1979.
- , Vinhaça: Outra grande ameaça ao ambiente. *Revista Magistra*, Cruz das Almas, Edição especial, jun, 1984.
- RIBEIRO, A.C., NOVAIS, R.F., CASTRO, A.F. Efeitos da vinhaça sobre a dispersão de argila em amostras de latossolos. *Rev. Ceres*, Viçosa, Minas Gerais, v. 167, p. 12-18, 1983.
- RODELLA, A.A. & FERRARI, S.E. A composição da vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 90(7), p. 6-13, 1977.
- ROSENFELD, U.; BATISTELLA, J.R.; & LEME, E.J.A. Aplicação de vinhaça por aspersão em Latossolo Roxo. In: *II Congresso da Sociedade de Técnicos Açucareiros do Brasil*, Rio de Janeiro, 1981.

ROSSILFLO, R.O.P.; FERREIRA, W.A. & FERNANDES, M.S. Resposta do milho (*Zea Mays L.*) à salinidade do solo induzida por aplicação de vinhaça. II. Produção de carboidratos solúveis e absorção de nitrogênio. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas,

ROTENBERG, B. ANTONACCIO, L.D., LACHAN, A. Determinação química do vinhoto de melaço de cana-de-açúcar. *Informativo do INT*, Rio de Janeiro, v. 12, p. 25-28, 1979.

RUSSEL, E. J., RUSSEL, E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4 ed. Madrid: Aguilar, 1968. 801 p.

SCHNITZER, M. Organic matter characterization. In: *Methods of soil analysis*. PAGE, A.L. (ed), Wisconsin, Madison, American society of Agronomy, Inc, parte 2, 1982. p. 581-594 (Agronomy, 9).

SENGIK, E.; RIBEIRO, A.C. & CONDE, A.R. Efeito da vinhaça sobre algumas propriedades de amostras de dois solos de Viçosa (Mg). *R. bras. Ci. Solo*, v.12, p.11-15, 1988.

SILVA, G.M.A, CASTRO, P. & MAGRO, J.A. Comportamento agroindustrial de variedades de cana-de-açúcar em solos irrigados com vinhaça e não irrigados. *In: Anais do IV Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira*. v. 4, p. 107-122, 1976.

----- & SANCHES, A.C. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, São Paulo, v.7, p.9-14, 1978.

----- & ORLANDO FO, J. Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça do Brasil. *Boletim Técnico Planalsucar*, 3(8), Piracicaba, p.5-22, 1981.

----- & RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 16. p. 397-402, 1992.

- SKUJINS, J. Extracellular enzymes in soil. *Rev. Microbiol. Boca Raton*, p. 383-421, 1976.
- SOBRAL, A.F.; CORDEIRO, D.A.; SANTOS, M.A.C. Efeitos da aplicação de vinhaça em sacarias de cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 98(5), p.2-14, 1981.
- SULTANUM, E. & SILVA, M.C.A. A calda produzida pelas usinas destilarias. In: E. Sultanum & M.C.A. Silva. Os solos da região canavieira de Pernambuco, Recife, AGRITEC, P. 9-44, 1981.
- STUPIELLO, J.P. PEXE, C.A. MONTEIRO, H. & SILVA, L.H. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, 90(3), p.41-50, 1977.
- SULTANUM, E. & SILVA, M.C.A. A calda produzida pelas usinas destilarias. In: E. Sultanum & M.C.A. Silva. Os solos da região canavieira de Pernambuco, Recife, AGRITEC, P. 9-44, 1981.
- TAUK, S.M. & RUERGER, M.S. Alguns aspectos de microbiota e solo sob vegetação de cerrado, tratado com vinhaça no município de Corumbataí, SP. *R. Microbiol.*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 67-76, 1987.
- TIBAU, O.A. Projeto do aproveitamento do vinhoto. *Brasil Açucareiro* 81(2), p.57-65, 1973.
- VALSECHI, O. & GOMES, F.P. Solos incorporados de vinhaça e seu teor de bases. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.11, p.155-158, 1954.
- VERONESE, G. Avaliação do risco de contaminação e medidas de controle para preservação da qualidade das águas subterrâneas na Região Administrativa de Ribeirão Preto. São Paulo, CETESB/ Companhia Administrativa de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 27p., 1978.
- VOLKOFF, B., FLEXOR, J.M., SANTA IZABEL, L., SANTA IZABEL, M. Natureza do humus nos Latossolos distróficos da Bahia. *R. bras. Ci. Solo*, 2(1), p. 59-63, 1978.

VOLKOFF, B., CERRI, C.C. Húmus em solos da floresta Amazônica - na região do Rio Madeira. *R. bras. Ci. Solo*, 5(1), p. 15-21, 1981.

WARKETIN, B.P. Effects of compaction on content and transmission of water in soils. In: BARNES, K.K., CARLETON, W.M., TAYLOR, H.M., THOCKMORTON, R.I. WANDEN BERG, G.E. *Compaction of agricultural soils*. St. Joseph: ASAE, P. 126-153, 1971.

WHITE, L.M., ROSS, W.A. Influence of fertilizers on concentration of the soil solution. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Arnn Arbor, 181-185, 1936.

WHITE, L.M., ROSS, W.A. Effect of various grade of fertilizers on the salt content of the soil solution. *Jour. Agric. Research*, v. 59, p. 81-99.