

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA CULTURA DO MILHO: PARÂMETROS
FITOMÉTRICOS E QUÍMICOS**

LUIZ ANTONIO DE MENDONÇA COSTA

Orientador: Prof. Dr. Sílvio José Bicudo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Novembro - 2005

Aos meus pais

Avelino Costa e Hilda de Mendonça Costa (in memorian)

Pela especial atenção dada a minha formação, pelo esforço sobre humano para que freqüentasse boas escolas, pelo carinho, amor e dedicação dispensados a minha formação.

A vocês dedico este momento de realização plena daquilo que tanto queriam.

Dedico

Aos meus tios

Antonio Gomes de Mendonça Filho (in memorian)

E

Maria Jose de Souza Mendonça (in memorian)

Pela ajuda e perspectiva de futuro que me propiciaram. Pelo tratamento filial que sempre me dedicaram.

Dedico

A minha esposa e filho

Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa

e

Luiz Francisco de Mendonça Costa

Pela esposa amorosa, mãe dedicada, incentivadora nos momentos cruciais, pela ajuda inestimável na condução e análise do experimento, por tudo eu lhe agradeço.

Ao nosso filho Luiz Francisco que nos trouxe novas perspectivas de vida, para quem e por quem sempre lutaremos e amaremos.

Ofereço

Ao meu filho

Luiz Renato Pereira de Mendonça Costa

Pelo carinho e compreensão, pelos erros cometidos, na ânsia de lhe proporcionar um futuro digno.

Ofereço

Agradecimentos

A Deus por me propiciar este momento maravilhoso

Aos meus amigos Adilson Pelá e Gláucia de Mello Pelá, Dacio Olibone e Ana Paula Encide Olibone, Edson Ulisses Ramos, Claudemir Zucarelli, a minha esposa Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, sem os quais este trabalho teria sido praticamente impossível.

Ao meu orientador Prof. Dr Silvio José Bicudo pelo apoio e incentivo.

Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior, companheiro, amigo e conselheiro nas horas difíceis, presente em todos os momentos felizes de nossas vidas, muito obrigado.

A CAPES (Coordenadoria de Apoio a Pesquisa em Ensino Superior), pela Bolsa de Estudo concedida.

Aos professores do IB (Instituto de Biociências/UNESP), Prof Dr. João Domingos e Prof^ª. Carmem e Beth pela utilização dos equipamentos e pela amizade.

Ao Prof. Ciro Rosolem pela disponibilização do laboratório para realização de algumas das análises.

Ao Prof. Dirceu pelas orientações e procedimentos laboratoriais.

Ao Prof. Lyra pelas discussões que tanto nos fazem crescer e evoluir profissionalmente.

Ao amigo e colega Bacharel em Química Dorival, responsável pelo laboratório de análises de solo e plantas do Departamento de Melhoramento Genético e Agricultura, no apoio e sugestão nas análises.

Ao amigo Dorival Pedro de Pieri, sempre solícito em atender as nossas dúvidas, pela amizade e espírito de colaboração, meu muito obrigado.

Aos funcionários das Fazendas de Ensino Pesquisa e Produção (FEPP/FCA), pelo apoio ao experimento e o convívio do dia a dia, a amizade os meus agradecimentos.

As amigas da Seção de Pós-Graduação, Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas e Jaqueline Moura Gonçalves, pela atenção, seriedade e espírito de camaradagem que sempre me dedicaram.

A todos os funcionários da Biblioteca pela consideração, amizade e carinho com que sempre fui atendido.

Ao amigo e vizinho Eduardo Russo e família, pelo pronto atendimento a todas as solicitações, a amizade sincera. Meu muito obrigado.

A Profa Dra. Maria Helena Moraes, pela solícitude, educação e respeito que sempre me atendeu. Muito obrigado

A Rosângela, secretária do Curso de Energia na Agricultura, pela presteza no atendimento de todas as reivindicações, a amizade e ao espírito de camaradagem. Muito obrigado.

A todos que de maneira direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 Produção animal e produção vegetal.....	8
4.2 Processos biológicos de reciclagem de nutrientes.....	10
4.3 Implicações da utilização de adubos orgânicos nas propriedades do solo.....	11
4.4 Implicações da utilização de adubos orgânicos na produção vegetal.....	17
4.5 Variáveis de desenvolvimento de plantas.....	20
4.6 Desempenho da cultura do milho nas diferentes épocas de colheita.....	23
4.7 Aspectos ambientais da utilização da adubação orgânica.....	26
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1 Localização.....	29
5.2 Caracterização do solo.....	29
5.2.1 Caracterização química inicial	29
5.2.2 Caracterização física inicial.....	30
5.2.3 Correção do solo.....	31
5.3 Dimensões e espaçamento entre parcelas.....	31
5.4 Tratamentos.....	31
5.5 Análise química dos adubos orgânicos.....	33
5.6 Épocas de avaliação.....	33
5.7 Parâmetros avaliados.....	33
5.7.1 Análise de crescimento.....	33
5.7.1.1 Índices Biométricos.....	35
5.7.1.2 Índices Fisiológicos.....	35
5.7.2 Parâmetros fitométricos e químicos.....	35

	Página
5.7.2.1 Safra 2002-2003.....	35
5.7.2.2 Safra 2003-2004.....	37
5.7.2.3 Safra 2004-2005.....	38
5.7.3 Análise química do solo.....	38
5.7.4 Teores de Amônia e Nitrato no Solo.....	39
5.8 Delineamento e Análise Estatística.....	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6.1 Análise de Crescimento.....	40
6.1.1 Índices biométricos.....	40
6.1.2 índices fisiológicos.....	50
6.1.2.1 Área Foliar Específica – AFE.....	50
6.1.2.2 Taxa de Assimilação Líquida – TAL.....	53
6.1.2.3 Taxa de Crescimento da Cultura – TCC.....	55
6.1.2.4 Taxa de Crescimento Relativo – TCR.....	57
6.1.2.5 Índice de Área Foliar – IAF.....	59
6.1.2.6 Razão de Área Foliar – RAF.....	61
6.2 Parâmetros fitométricos e químicos.....	63
6.2.1 Índices fitométricos na época de silagem de planta inteira.....	63
6.2.2 Parâmetros químicos na época de silagem de planta inteira.....	65
6.2.3 Índices fitométricos na época de silagem de grão úmido.....	66
6.2.4 Parâmetros químicos na época de silagem de grão úmido.....	69
6.2.5 Índices fitométricos e produtividade do milho na época de colheita.....	72
6.3 Composição química e bromatológica da planta no 3º ano.....	75
6.3.1 Silagem de Planta inteira.....	75
6.3.1.1 Teores de nutrientes.....	75
6.3.1.2 Composição bromatológica.....	77
6.3.2 Silagem de Grão úmido.....	79
6.3.2.1 Teores de nutrientes.....	79
6.3.2.2 Composição bromatológica.....	80

	Página
6.3.2.3 Teores de nutrientes na palhada.....	81
6.4 Análise química de solo	83
6.5 Teores de Amônia e Nitrato no Solo.....	94
7. CONCLUSÕES.....	98
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
APÊNDICE.....	116

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Características químicas do solo da área, antes da instalação do experimento, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade.....	30
2	Características físicas do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade....	31
3	Análise química dos adubos orgânicos: Composto (C), Vermicomposto (V), Efluente de biodigestor (B), Efluente de esterqueira (E) nas safras 2002-20003, 2003-2004 e 2004-2005.....	34
4	Valores médios de Área foliar (dm ²) para plantas de milho nos 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas a testemunha na última coleta (%T).....	41
5	Valores médios de Matéria Seca de Folha (g) para todos os tratamentos em todas as coletas no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens com relação à testemunha na última coleta.....	43
6	Valores médios de Matéria Seca de Colmo (g) para todos os tratamentos em todas as coletas no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens com relação testemunha na última coleta.....	45
7	Valores médios de Matéria Seca de Espiga (g) para todos os tratamentos em todas as coletas no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens com relação testemunha na última coleta.....	46
8	Valores médios de Matéria Seca de Inflorescência (g) para todos os tratamentos em todas as coletas no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens com relação testemunha na última coleta.....	48
9	Valores médios de Matéria Seca Total (g) para todos os tratamentos em todas as coletas no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens com relação testemunha na última coleta	49
10	Índices fitométricos da cultura do milho na época de silagem de planta inteira, nas safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005.....	63
11	Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de planta inteira, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.....	66
12	Parâmetros fitométricos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.....	68

TABELA		Página
13	Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.....	70
14	Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na palhada, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.....	71
15	Parâmetros fitométricos da cultura do milho na época de colheita, nas safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005.....	73
16	Teores de nutrientes em plantas de milho na época de silagem de planta inteira, na terceira safra (2004-2005), em função da aplicação de vermicomposto (V), biofertilizante (B), composto (C), efluente de esterqueira (E), mineral (M) e testemunha sem adubação (T).....	76
17	Análise bromatológica de plantas de milho na época de silagem de planta inteira, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	77
18	Teores de nutrientes da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	79
19	Análise bromatológica de plantas de milho na época de silagem de grão úmido, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	81
20	Teores de nutrientes na época de silagem de grão úmido de milho, na palhada, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	82
21	Teores de macronutrientes na camada de 0-10 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	84

TABELA	Página	
22	Teores de macronutrientes na camada de 10-20 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	85
23	Teores de macronutrientes na camada de 20-30 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	86
24	Teores de micronutrientes na camada de 0-10 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	91
25	Teores de micronutrientes na camada de 10-20 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	92
26	Teores de micronutrientes na camada de 20-30 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	93
27	Teores de NH_3 (mg dm^{-3}) nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	95
28	Teores de NO_3^- (mg dm^{-3}) nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).....	96
Apêndice 1	Dados meteorológicos do ano de 2003.....	117
Apêndice 2	Dados meteorológicos do ano de 2004.....	118
Apêndice 3	Dados meteorológicos do ano de 2005.....	119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página	
1 A,B,C	Área Foliar Específica para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002-2003 (A), 2003-2004 (B) e 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.....	52
2 A,B,C	Taxa de assimilação líquida para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002-2003 (A), 2003-2004 (B) e 2004-2005 (C), todas com ajuste quadrático.....	54
3 A,B,C	Taxa de Crescimento da Cultura para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.....	56
4 A,B,C	Taxa de Crescimento Relativo para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.....	58
5 A,B,C	Índice de Área Foliar para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.....	60
6 A,B,C	Razão de Área Foliar para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.....	62
7	Porcentagem de produção com relação à testemunha (100%), em todos os tratamentos, nas três safras.....	75
Apêndice 5	Temperaturas máximas, médias e mínimas no período experimental.....	120
Apêndice 6	Distribuição da precipitação no período experimental.....	121

1. RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na área experimental da Fazenda Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, município de Botucatu –SP, cujas coordenadas geográficas médias são: 22° 40' 31"S, 48°25' 37" W, a 770 metros de altitude, em um LATOSSOLO VERMELHO, textura média, relevo suave ondulado. Objetivou-se avaliar o efeito de adubos orgânicos provenientes de quatro processos de reciclagem de nutrientes contidos nos dejetos produzidos por novilhos superprecoces, na cultura do milho. Os tratamentos foram: V (vermicomposto); B (biofertilizante); C (composto); E (esterco fermentado em esterqueira); M (adubação mineral) e T (testemunha). Os parâmetros avaliados foram: índices biométricos e fisiológicos; índices fitométricos e químicos nas três fases da cultura: silagem de planta inteira, silagem de grão úmido e colheita de grãos; produtividade; composição química e bromatológica da biomassa das plantas de milho nas épocas de silagem de planta inteira, silagem de grão úmido e da palhada restante; análise de macro e micronutrientes do solo nas profundidades 0-10; 10-20 e 20-30 cm e teor de amônia e nitrato no solo nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm, em três safras nos anos de 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005. Considerando os parâmetros biométricos, fisiológicos, fitométricos, químicos e a produtividade da cultura do milho, concluiu-se que a adubação com composto orgânico ou vermicomposto permite obter resultados semelhantes à adubação mineral; pela análise da composição bromatológica, concluiu-se que a adubação mineral proporcionou melhor qualidade nutricional da silagem de planta inteira, enquanto para a silagem de grão úmido não houve diferença entre as adubações; quanto à fertilidade nas camadas de 0-10; 10-20 e 20-30 cm, a adubação orgânica destacou-se no incremento de

fósforo e zinco; observou-se diminuição da maioria dos nutrientes no decorrer do experimento, indicando que outras práticas conservacionistas devem ser implementadas para manter a fertilidade do solo; os teores de amônia e nitrato diminuíram em profundidade.

PALAVRAS CHAVE: análise de crescimento, composição bromatológica, solo, nitrato.

ORGANIC FERTILIZER IN MAIZE CULTURE: PHITOMETRIC AND CHEMICAL PARAMETERS.

Botucatu, 2005.

Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUIZ ANTONIO DE MENDONÇA COSTA

Adviser: SÍLVIO JOSÉ BICUDO

2. SUMMARY

The present study was carried out in the experimental station of the Faculdade de Ciências Agronômicas – Botucatu-SP/Brasil with average geographic coordinates are: 22° 40' 31"S, 48°25 ' 37 "W, at 770 meters of altitude. It was aimed to evaluate the effect of four manures from superprecocious steers residue, when compared with the mineral fertilization recommended and a control, in the maize culture. The treatments had been defined as: V (vermicompost); B (biofertilizer); C (compost); E (waste leaved in esterqueira); M (mineral fertilization) and T (control). The evaluated parameters were: biometrics and physiological indices (growth analysis); phytometrics and chemical indices on three phases of the culture: ensilage of entire plant, ensilage of humid grain and harvest of grains; productivity; chemical and bromatological composition of the maize culture at the time of ensilage of entire plant, ensilage of humid grain and the remaining straw one; nutrient contents (macro and micronutrients) of the ground in the layers of 0-10; 10-20 and 20-30 cm of depth and content of ammonia and nitrate in the ground in the layers of 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 and 50-100 cm, in three. Considering the biometric, physiological, phytometric, chemical and corn yield it is possible to conclude that organic compost or vermicompost allow to obtain similar results to mineral fertilizer; by bromatological composition analyse it is possible to conclude that mineral fertilizer provide better nutritional quality of entire plant ensilage while for humid grain ensilage there was no difference among fertilizers; about fertility at 0-10; 10-20 and 20-30 cm layers, the organic fertilizer distinguished in P and Zn

increment; it was observed a decrease in the majority nutrients along the experiment indicating that another conservacionists praticles must be implemented to maintain soil fertility.

KEY WORDS: growth analysis; bromatological composition; soil; nitrate

3. INTRODUÇÃO

Os agroecossistemas caracterizam-se por apresentarem uma dependência energética muito maior do que outros ecossistemas naturais, como florestas e lagos. Essa dependência é resultante principalmente do objetivo a que os agroecossistemas se destinam, ou seja, a máxima conversão da energia solar e de outras fontes de energia, em alimentos, fibras, etc, independente dos limites que estes ecossistemas apresentavam anteriormente.

Assim, pode-se dizer que os agroecossistemas possuem características peculiares, cujos principais componentes como solo, água e ar, são considerados depósitos para vários tipos de resíduos, produzidos nas diversas etapas das atividades agrícolas.

O uso intensivo do solo para a produção de grãos apresenta uma realidade nada preservacionista. Grandes quantidades de solo perdidos por erosão, assoreamento de rios, águas superficiais e subterrâneas comprometidas pela presença de agrotóxicos, nitrato e coliformes fecais, decorrentes da imensa quantidade de resíduos inadequadamente manejados, constitui o perfil das principais regiões produtoras do Brasil.

Apesar da pressão do mercado externo sobre a comercialização de produtos que causam impacto ambiental durante as várias etapas de produção (ISO 14000), poucas são as alternativas viáveis que podem ser adotadas pelos produtores, para solucionar, problemas decorrentes da disposição inadequada de resíduos e garantir a sustentabilidade do sistema.

A associação entre produção vegetal e animal deve ser retomada na busca por um modelo mais eficiente e competitivo. A integração de atividades e a reciclagem de resíduos podem minimizar os impactos ambientais. A permanência e o sucesso do

empreendimento agrícola dependem de alternativas que possibilitem redução de custos de produção e estejam inseridas no contexto atual de respeito ao ambiente e ao ser humano.

A eficácia da utilização de adubos orgânicos como fonte de nutrientes e matéria orgânica no desenvolvimento de culturas como o milho, depende da composição química do material original e do processo de reciclagem ao qual o resíduo foi submetido. A velocidade de mineralização do adubo orgânico no solo, por sua vez, está condicionada às características edafoclimáticas locais e depende da atividade biológica de cada solo.

O monitoramento do desempenho dos adubos orgânicos como suprimento de nutrientes para o desenvolvimento das culturas pode ser realizado considerando diversos parâmetros que serão úteis para elaborar o planejamento da sua utilização visando obter produtividades condizente com o esperado sem, contudo, ultrapassar a capacidade suporte do ambiente.

A importância da cultura do milho não se restringe ao fato de ser produzida em pequenas e grandes áreas, mas também ao importante papel sócio econômico que representa. O milho é usado diretamente na alimentação humana e dos animais domésticos, bem como constitui matéria prima para uma gama de produtos industrializados (JOBIM, 1996).

Em sistemas de produção de novilhos superprecoces, o milho configura-se como a principal fonte energética e também, um dos componentes mais caros devido à grande necessidade de N, por se tratar de uma gramínea. O aproveitamento dos dejetos gerados durante o período de engorda dos animais pode reduzir os custos de produção revertendo em maior lucratividade para o produtor.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho de quatro adubações orgânicas produzidas a partir dos dejetos gerados em um confinamento para criação de novilhos superprecoces submetidos a quatro sistemas de reciclagem de nutrientes, a compostagem, a vermicompostagem, a biodigestão anaeróbia e a fermentação em esterqueiras. O desempenho dos adubos orgânicos foi comparado à adubação mineral e à testemunha para os parâmetros: índices biométricos e fisiológicos na análise de crescimento; índices fitométricos e químicos nas três fases da cultura: silagem de planta inteira, silagem de grão úmido e colheita de grãos; produtividade; composição química e bromatológica de plantas de

milho nas épocas de silagem de planta inteira, silagem de grão úmido e da palhada restante; teores de nutrientes em diferentes profundidades do solo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Produção animal e produção vegetal

Segundo Ehlers (1999), a agricultura moderna surgiu a partir dos séculos XVIII e XIX quando, em diferentes regiões do oeste europeu, intensificou-se a adoção de sistemas de rotação de culturas com plantas forrageiras, especialmente as plantas leguminosas, e aproximaram-se as atividades agrícolas e pecuárias. Essa fase, conhecida como primeira revolução agrícola, resultou em consideráveis aumentos de produtividade. No final do século XIX e início do século XX, uma série de descobertas científicas e tecnológicas, como os fertilizantes químicos, o melhoramento genético das plantas e os motores de combustão interna, possibilitaram o progressivo abandono dos sistemas rotacionais e o divórcio da produção animal e vegetal. Tinha início uma nova fase da história da agricultura, a segunda revolução agrícola, que consolidou o padrão produtivo químico, motomecânico e genético, praticado nos últimos sessenta anos.

Esse padrão, posteriormente denominado agricultura convencional, intensificou-se após a Segunda Guerra Mundial culminando, na década de 1970, com a chamada revolução verde. Esta revolução espalhou-se por vários países difundindo os princípios da agricultura que já se tornara convencional, no primeiro mundo, e a euforia das grandes safras (PONS, 1998).

No entanto, logo surgiram preocupações com os problemas socioeconômicos e ambientais provocados por esse padrão. Dentre os problemas ambientais, a

destruição das florestas, a erosão e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos tornaram-se conseqüências quase inerentes à produção agrícola (EHLERS, 1999).

No Brasil durante muitos anos, não houve preocupação com a degradação dos solos, uma vez que não apresentavam sinais evidentes. Entretanto ocorria diminuição cada vez mais intensa da matéria orgânica. Atualmente, a realidade mostra-se completamente diferente, o setor agrícola deixou de ser simples produtor de alimentos para subsistência, e comporta-se como verdadeira indústria de produtos animais e vegetais, e de resíduos altamente poluentes e danosos ao ambiente (MATTE, 1997).

Inegavelmente, a modernização da agricultura promoveu grande aumento da produção agropecuária, em consonância com a crescente demanda, em função da explosão demográfica mundial, porém, trouxe efeitos deletérios, afetando o bem estar e a saúde humana. Hoje, entretanto, prevalece em todos os países uma preocupação inquietante com a vulnerabilidade dos sistemas de produção agrícola baseado no uso irracional de insumos modernos. Outra marcante preocupação com o sistema de agricultura moderna é a tendência de diminuição da capacidade produtiva do solo, resultante da erosão e da perda de matéria orgânica, da tendência de degradação do meio ambiente e da contaminação dos produtos obtidos através do uso abusivo de produtos químicos (MIYASAKA e OKAMOTO, 1992).

Matos et al. (1997), verificaram que a utilização de adubação mineral proporcionou maior depauperamento químico do solo após dois cultivos sucessivos de cenoura do que o uso de dejetos suíno seco, por ser fonte mais completa e permanente de nutrientes para o solo.

Juntamente com a intensificação da agricultura, a pecuária também passou a intensiva, através do melhoramento animal e adoção de novos sistemas de criação, tendo como resultado ciclos mais curtos de criação e grande população de aves, suínos e bovinos em pequenas áreas. Se por um lado ganhou-se em rendimento, por outro, tem-se uma quantidade exagerada de resíduos com potencial poluente da água e solo (WRUCK et al., 1997).

O resultado mais uma vez é o grande impacto ambiental causado por estas intensas atividades pecuárias que, geralmente, não possuem formas adequadas de tratamento e disposição de seus resíduos no ambiente.

Dessa maneira, o meio rural é considerado hoje um dos principais agentes de poluição ambiental, embora o agricultor não seja o único responsável por esse quadro, parte deve ser compartilhada com aqueles que o levaram, nos últimos 30 anos, a uma corrida para a produtividade (AGIODA et al., 1994).

As grandes quantidades de resíduos produzidas pelo setor agrícola colocam-no em destaque como a atividade que maior degeneração causa ao ambiente. Esses resíduos, no entanto, ao mesmo tempo que encerram componentes altamente poluentes ao meio ambiente, possuem alta concentração de energia, uma vez que seus constituintes são basicamente orgânicos (SEGANFREDO, 1999).

A solução para o problema, portanto, está na disposição correta desses resíduos, de forma a aproveitar essa energia, através de processos de reciclagem que possibilitem a obtenção de subprodutos úteis que possam vir a ser utilizados em outros setores, ou mesmo no próprio local onde foram produzidos.

4.2 Processos biológicos de reciclagem de nutrientes

Na tentativa de diminuir o impacto que os resíduos de origem orgânica causam ao meio ambiente, alguns sistemas, capazes de permitir a decomposição controlada desses materiais, são atualmente, utilizados no setor agrícola. Dentre esses encontram-se os biodigestores, a compostagem, a vermicompostagem e a esterqueira. O produto final do tratamento desses resíduos é rico em nutrientes e matéria orgânica, podendo ser utilizado no solo como adubo de ótima qualidade (MACEDO, 1987 e GALBIATTI e CASTELLANE, 1990), reduzindo os custos de produção, melhorando as características do solo e promovendo o saneamento no meio rural (LUCAS Jr. et al., 1992).

Dentre os processos de tratamento de resíduos orgânicos, a biodigestão anaeróbia é eficiente e viável como forma de disposição adequada dos mais diversos resíduos provenientes dos criatórios.

Como subprodutos da biodigestão anaeróbia, tem-se o biogás, que possui alto potencial energético e pode ser utilizado em diversas atividades como fonte de energia alternativa de baixo custo e de fácil obtenção, e o biofertilizante que é rico em nutrientes e apresenta uma alta estabilidade.

Oliveira e Estrela (1984), afirmaram que o efluente de biodigestor constitui-se em resíduo fermentado, praticamente isento de patógenos, sendo admitido ao solo como fonte imediata de nutrientes para os microorganismos e para as plantas. A concentração de elementos químicos em sua composição varia com o tipo de substrato utilizado no biodigestor.

Outra prática reconhecida na reciclagem de resíduos de origem sólida é a compostagem, que apresenta como produto final o composto, excelente adubo orgânico para uso agrícola.

A compostagem é uma prática antiga, utilizada há muitos anos por agricultores de diversos países e regiões. É usada há alguns séculos no Oriente, principalmente na China. Nos Estados Unidos é empregada desde 1909 e na Índia a partir de 1924. No Brasil é bem pouco difundida embora possa ser uma das melhores soluções para o tratamento de resíduos orgânicos advindos de diferentes fontes (Costa, 1992 citado por FERREIRA, 1997).

Além da compostagem, outra maneira eficiente de reciclar resíduos sólidos é a vermicompostagem. Segundo Kiehl (1985) a vermicompostagem é uma tecnologia na qual se utilizam as minhocas para digerir a matéria orgânica, provocando sua degradação.

4.3 Implicações da utilização de adubos orgânicos nas propriedades do solo

Uma gama de trabalhos com a utilização de adubação orgânica como condicionadora de solo e fornecedora de nutrientes a diversas culturas são encontrados na literatura. Os benefícios às propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, onde são utilizados adubos orgânicos são incontestáveis, porém essas melhorias tornam-se evidentes com o tempo, principalmente no que se refere à disponibilidade dos nutrientes.

A quantidade ideal de esterco a ser aplicada no solo depende da sua composição, da disponibilidade de nutrientes e das propriedades físicas do solo, do desenvolvimento da cultura e das condições ambientais. Quando o esterco é utilizado como fonte particular de nutrientes, o conhecimento da taxa de mineralização sob condições de campo é fundamental. Sendo a mineralização um processo microbiano, ele é influenciado por vários fatores incluindo a temperatura, a umidade do solo, as propriedades do solo e as características do esterco (EGHBALL et al., 2002).

Apesar de não figurar como tecnologia avançada, a aplicação dos resíduos no solo para o desenvolvimento das culturas pode representar a diferença entre perdas e lucros. Segundo Souza e Milanez citados por Siqueira e Franco (1988), quanto mais desenvolvida a agricultura, menor é seu rendimento energético, já que os aumentos de produtividade das diversas culturas não são proporcionais aos aumentos do consumo de energia. Em contraposição, Denoia (1994) citado pelo mesmo autor, observou que o milho apresentou elevado grau de sensibilidade à qualidade do solo, onde áreas com erosão severa diminuíram a eficiência energética em até 56%, quando comparado a áreas sem ou com pouca erosão.

Overcash et al. (1983), constataram que o teor de nitrogênio no esterco de gado confinado foi de 31, 42, 27 e 19 g kg⁻¹, correspondendo a 3,1; 4,2; 2,7 e 1,9% dos sólidos totais quando coletado por: raspagem em piso com declive, em canaletas, em baias ou em confinamento de terra, respectivamente.

A compostagem oferece benefícios, mas o processo pode alterar as características do esterco e influenciar sua mineralização. A compostagem é um método apropriado para produzir um produto estabilizado que pode ser estocado ou distribuído com baixo odor (SWEETEN, 1988).

A compostagem também apresenta algumas desvantagens como perdas de carbono e nutrientes durante o processo, ele requer área, equipamentos, mão de obra e o processo pode produzir odores desagradáveis. Eghball et al. (1997) descrevem perdas de nitrogênio de 20 a 40%; e de 46 a 62% de carbono, durante a compostagem de esterco de gado confinado, com perdas significativas de potássio e sódio maiores que 65 % do total desses elementos. Cerca de 92% da uréia do esterco foi mineralizada durante incubação aeróbia (VAN KESSEL et al. 2000).

O esterco pode ser aplicado para prover as necessidades de nitrogênio da cultura baseado na suposição de sua disponibilidade no primeiro ano após a aplicação. Se o esterco de confinamento é aplicado para suprir 150 kg N ha⁻¹, para a cultura do milho, então a quantidade de nitrogênio aplicada seria de 375 kg ha⁻¹, pois somente 40% estará disponível no primeiro ano da aplicação (EGHBALL et al. 2002).

Eghball e Power (1999) aplicaram esterco e composto no solo, baseado no teor de fósforo e nitrogênio do material. Os autores observaram que os níveis de fósforo

após quatro anos de aplicação foram similares ao nível de fósforo original do solo. Quando o esterco e o composto foram aplicados com base no nitrogênio, observaram significativo aumento de fósforo no solo. Baseado nas transformações ocorridas com o fósforo no solo e a absorção deste elemento pela planta um ano após a aplicação. Observaram também que a disponibilidade de fósforo no primeiro ano após a aplicação foi de 85% para o esterco de gado confinado e 73% para o composto.

O potássio contido no esterco e no composto é prontamente disponível às plantas e pode ser usado na mesma quantidade do fertilizante mineral. Muito do potássio é excretado na urina, indicando sua alta solubilidade (SAFLEY et al. 1985).

Eghball et al. (2002), analisando esterco de suíno e de gado confinado para o conteúdo de nutrientes disponíveis às plantas, encontraram disponibilidade de mais de 55% para o cálcio e magnésio, enquanto a disponibilidade de zinco, ferro, manganês, cobre e boro no esterco foi menor que 40%, baseado na análise química. A fração enxofre disponível às plantas foi de 23% do total de enxofre no esterco suíno, e 50% no esterco de gado. Quando o esterco é aplicado ao solo a disponibilidade de nutrientes às plantas deve aumentar devido a mineralização ou diminuir pela imobilização, dependendo do solo e propriedades do esterco.

Reddy et al. (2000) trabalharam na Índia, com esterco animal, nas doses de 0, 4, 8 e 16 t ha⁻¹ ano⁻¹, com e sem adubo mineral fosfatado (22 kg P₂O₅ ha⁻¹), na sucessão soja-trigo. Os autores verificaram que o rendimento da soja e do trigo e a absorção de fósforo aumentaram significativamente com a adição de esterco e fertilizante fosfatado; a adição de fertilizante fosfatado combinado com esterco, promoveu um aumento do fósforo orgânico do solo.

Ghosh et al. (2004 a) trabalhando com cultivos solteiros e consorciados utilizando adubação mineral e adubos orgânicos, esterco de curral, esterco de galinha, fósforo composto e suas combinações, concluíram que o aumento na produtividade de soja e sorgo pelos adubos orgânicos e dos cultivos consorciados, foi atribuído ao suprimento de todos os nutrientes essenciais, devido à contínua mineralização dos adubos orgânicos e que o efeito do esterco de curral foi mais evidente na soja, pelos efeitos favoráveis sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas, registradas também por Hati et al. (2001).

Em outro experimento, Ghosh et al. (2004 b) trabalharam com consórcio de plantas e cultivo solteiro, utilizando esterco de curral, esterco de galinha e fósforo

composto e mineral em combinação com os adubos orgânicos nas proporções de 75% NPK+ 5 t esterco de curral; 75% NPK + 1,5 t de esterco de galinha e 75% NPK+ 5 t de fósforo composto e 0%, 75% e 100% de NPK. Os autores analisaram entre outras variáveis, a atividade da enzima nitrato redutase e concluíram que a atividade da enzima foi máxima nas parcelas com 100% de NPK seguido dos tratamentos orgânicos. Isso devido ao suprimento prontamente disponível de nitrato dos fertilizantes inorgânicos, enquanto nos tratamentos orgânicos, a liberação de nitrato foi comparativamente menor. Além disso, nos tratamentos orgânicos os íons amônio que foram liberados após a decomposição da matéria orgânica, são inibidores da atividade da nitrato redutase.

Cassol (1999) realizou experimento no Rio Grande do Sul, utilizando esterco de bovino de leite e de frango de corte como fonte de fósforo às plantas, em cinco cultivos consecutivos, obtendo resultados comparáveis à utilização de superfosfato triplo. O autor concluiu que nas condições de campo a eficiência dos estrumes de vaca e frango no cultivo imediato à aplicação é menor que do superfosfato triplo, pois, o índice de eficiência relativa, estimado para estes materiais no primeiro cultivo foi de 0,7. No segundo cultivo o índice de eficiência desses estrumes foi de 1,2 para o esterco bovino e 1,3 para o esterco de frango. A partir do terceiro cultivo a eficiência dos estrumes foi semelhante à do superfosfato triplo. Somando-se os efeitos imediato e residual, os estrumes apresentam eficiência semelhante ao superfosfato triplo.

Em experimentos desenvolvidos em Coimbra-MG, Maia e Cantarutti (2004) trabalharam com a acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho, utilizando doses de 0 e 40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de composto orgânico (palhada de soja e feijão com esterco bovino), combinadas com 0, 250 e 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ da fórmula 04-14-08 aplicados no plantio e 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de sulfato de amônio em cobertura. Concluiu-se que o uso contínuo da adubação orgânica aumenta ou a produtividade de milho, aumento do C total e aumento na reserva e na disponibilidade de N, sendo essas características pouco influenciadas pela adubação química.

Nascimento et al. (1997), conduziram experimento em Cruz das Almas-BA com resíduos orgânicos industriais sólidos e líquidos, com a cultura do milho. Relataram que não houve diferença entre a aplicação única ou parcelada em duas vezes para o peso seco da parte aérea. Houve diferença apenas no parcelamento das doses em três aplicações, sendo

maior o peso seco da parte aérea na dose maior de 1.444 ml. Para as mesmas formas de aplicação de resíduo orgânico líquido, observaram que a dose 1.444 ml aumentou a concentração de cátions básicos e reduziu a acidez ativa trocável e potencial, e aumentou a porcentagem de saturação por bases e CTC.

Sharma e Subehia (2003) realizaram experimento de vinte e cinco anos na região do Himalaya na Índia, com as culturas de milho e trigo, utilizando onze tratamentos com NPK (50%, 100% e 150% da dose recomendada), somente N, NP, 100% NPK + capina, 100% NPK + Zn, 100% NPK + esterco de curral, 100% NPK – S, 100% NPK + calcáreo e uma testemunha. Concluíram que a utilização só do N, reduziu a produtividade tanto do milho quanto do trigo, chegando aos vinte e cinco anos, a produção zero. A adubação com esterco de curral e fertilizantes fosfatados exerceram efeito moderado sobre a acidez do solo, podendo ser atribuída à redução na atividade de cátions ácidos particularmente o alumínio na solução do solo devido à formação de quelados pelas moléculas orgânicas e a formação de complexos de fosfato de alumínio. Quanto à disponibilidade dos micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu), afirmaram que o pronto suprimento no solo é devido à acidez do meio que solubiliza estes nutrientes.

Sarkar et al. (2003), realizaram experimentos de campo, estudando o manejo integrado de nutrientes com a incorporação de palha de trigo ou esterco de curral sozinho ou combinado com fertilizante mineral. Após nove anos de cultivo, a adição de materiais orgânicos aumentou o carbono orgânico, a estabilidade de agregados, a capacidade de retenção de água e a taxa de infiltração do solo através da redução da densidade.

Em alguns solos brasileiros, principalmente no cerrado, observa-se a deficiência de zinco em culturas de gramíneas, com interferência direta na produtividade. A ração de suínos geralmente é enriquecida com zinco, que pode suprir as possíveis deficiências dos cultivos. Trabalho desenvolvido pela UDESC em Lages-SC, avaliou o rendimento de matéria seca de milho, decorrente da adição de quantidades crescentes e cumulativas de Zn ao solo, aplicadas na forma de ZnO ou dejetos de suínos alimentados com ração enriquecida com Zn. Os autores concluíram que a aplicação cumulativa de até 150 mg kg⁻¹ de Zn no solo, na forma de esterco de suíno ou de ZnO, não afetou o rendimento de matéria seca de milho no estágio inicial de crescimento, apesar de ter elevado o teor de Zn no solo e na planta para valores superiores a 160 e 250 mg kg⁻¹, respectivamente. Não foram observados riscos no

desenvolvimento do milho pela adição dos dejetos dos suínos alimentados com ração enriquecida com Zn, em Latossolo Vermelho distroférico com alto teor de argila e com pH 5,9 (ERNANI et al., 2001).

A utilização de adubos orgânicos proporciona ao solo melhorias em sua estrutura e capacidade de retenção de água, menor densidade (TIARKS et al., 1974), além de melhorias na fertilidade do solo principalmente para macronutrientes, tais como N, P, K (BENCKISER & SIMARMATA, 1994), porém nem sempre essas melhorias são traduzidas em melhor rendimento das culturas; para isso geralmente são necessárias grandes quantidades (20 a 30 t ha⁻¹) ou aplicações menores, porém de longo prazo (SCHERER et al., 1982).

A utilização do biofertilizante no solo, visando avaliar seu efeito sobre as principais propriedades deste, é assunto amplamente discutido na literatura, podendo-se citar Oliveira et al. (1986) que avaliaram o efeito de doses de efluente de biodigestor sobre algumas propriedades químicas do solo, após o cultivo do feijoeiro; Oliveira e Estrela (1984), que estudaram o efeito da aplicação de doses crescentes de efluente de biodigestor de origem bovina sobre a densidade aparente do solo; Galbiatti et al. (1986), que avaliaram o efeito da incorporação de efluente de biodigestor sobre o potencial matricial da água no solo, a condutividade hidráulica em solo saturado e o desenvolvimento do feijoeiro; Costa (1995), que analisou alguns parâmetros do solo em que se incorporou efluente de biodigestor quando submetido à diferentes quantidades de radiação solar global obtidas a partir de diferentes exposições e declividades do terreno; Silva et al. (1999b), que estudaram os efeitos da irrigação e da incidência diferenciada da radiação solar em uma bacia hidrográfica experimental sobre um Latossolo Roxo Distrófico enriquecido com efluente de biodigestor, com o objetivo de acompanhar as perdas de nitrato causadas tanto pela lixiviação como pela determinação de diferentes microclimas no solo. Quanto à utilização do composto orgânico e vermicomposto como fonte de nutrientes e matéria orgânica, constata-se uma boa aceitação principalmente entre horticultores e pequenos produtores. Estes materiais quando aplicados ao solo, atuam nas propriedades químicas, físicas e biológicas deste, sem causar quaisquer danos às culturas.

4.4 Implicações da utilização de adubos orgânicos na produção vegetal

A utilização de resíduos orgânicos incorporados ao solo, visando compensar perdas de fertilidade, vem sendo utilizada através dos séculos, antes mesmo da utilização dos fertilizantes minerais. As altas exigências de nutrientes, principalmente nitrogênio por parte dos híbridos de milho disponíveis no mercado, muitas vezes levam os agricultores a pensar que os fertilizantes orgânicos não são capazes de suprir as necessidades da cultura (HERNANI e SALTON, 1997).

Porém pesquisas já comprovaram a eficiência dos adubos orgânicos testados como fornecedores de nutrientes às culturas, podendo-se citar, dentre outras Oliveira et al. (1986) com arroz, Reginato (1986) com cacau, Macedo (1987) com milho, Bellingieri et al. (1988) com feijão, Galbiatti e Castellane (1990) com cebola; Silva et al. (1999a) com milho; Kaufmann et al. (2000) com milho; Silva et al. (2001) com milho safrinha e Simas et al. (2001) com feijão.

A utilização de efluente de biodigestor anaeróbio incorporado ao solo constitui-se em prática consolidada em muitos países e vem sendo bastante recomendada, com possibilidades de expansão no futuro. Esta tendência está associada a, pelo menos, dois aspectos fundamentais: reduzir de forma eficiente o consumo de energia, preservar o meio ambiente e os recursos naturais.

Quanto à resposta de culturas à adição de composto orgânico, pode-se citar alguns trabalhos. Coutinho et al. (1997) estudaram o comportamento de plantas de coentro quando submetidas a diferentes níveis de composto orgânico de resíduos vegetais, cultivadas em Latossolo Amarelo Álico; Ricci et al. (1997) utilizaram 18 tipos de compostos orgânicos, obtidos pela mistura de diferentes quantidades de esterco bovino+resíduos vegetais, em dois sistemas de tratamento, a compostagem e a vermicompostagem no preparo de substrato para mudas de pupunha (*Bactris gosipaes*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*); Rosa et al. (2004) avaliaram o uso de vermicomposto de esterco bovino e casca de *Pinus sp.* na composição de substrato para produção de mudas de *Pinus taeda* L.

Mais recentemente, com a conscientização da necessidade de adoção de técnicas poupadoras de energia, de preservação dos recursos naturais e do próprio meio

produtivo, a utilização de resíduos orgânicos de diferentes origens, tem se mostrado como alternativa promissora. Porém, a liberação de nutrientes dos adubos orgânicos não se processa em nível apreciável, a ponto de substituir totalmente os adubos minerais em áreas extensas e em terras deficientes em nutrientes. Eles são utilizados pelas inúmeras outras características químicas, físicas e biológicas que elevam a produtividade do solo (COSTA, 1995).

Essas informações reforçam a importância da reciclagem dos nutrientes presentes nos dejetos e seu posterior emprego como insumo para o desenvolvimento das culturas.

Assim, o modelo de agricultura que se pretende desenvolver para atender aos fundamentos do desenvolvimento sustentável, deve necessariamente considerar a prática de tecnologias não necessariamente de ponta, mas que propiciem diminuição de custos de produção, de impactos ambientais com viabilidade técnica e econômica.

Para Romeiro (1997), com a simplificação do meio natural através da seleção de espécies animais e vegetais consideradas de interesse no setor agropecuário, o equilíbrio e a estabilidade do sistema passaram a depender de uma permanente interferência do homem, em detrimento da auto regulação natural que é lenta e complexa. O bom senso, que antes da revolução industrial era sinônimo de sobrevivência, indica que embora a simplificação seja inevitável caso se queira aumentar a disponibilidade de alimentos, o novo sistema pode e deve preservar o que for possível de complexidade de modo a se beneficiar dos mecanismos básicos de estabilização sistêmica. Para o autor, a reciclagem de nutrientes através dos animais e a rotação de culturas são exemplos óbvios deste bom senso.

Yaduvanshi (2003), realizou experimento utilizando adubação mineral com NPK sozinha e em combinação com o adubo verde *Sesbania bispinosa* ou esterco de curral, na seqüência de culturas de arroz e trigo. O autor avaliou a substituição do adubo mineral por adubos orgânicos sobre o rendimento de grãos e nutrientes, economia e fertilidade do solo e concluiu que a aplicação de NPK e suas combinações com adubo verde e esterco de curral aumentou o rendimento do arroz significativamente.

Lima et al. (2004) comparando os efeitos do composto de lixo urbano selecionado e não selecionado no desenvolvimento inicial do milho (35 dias) e observaram que plantas cultivadas com composto selecionado foram significativamente mais produtivas, quando comparadas com o controle e o composto não selecionado. Entre os dois tratamentos

diferenças significativas foram observadas até a dose de 30 t ha⁻¹ progressivamente para altura de planta e na dose de 60 t ha⁻¹ progressivamente para o diâmetro de colmo. As plantas cultivadas com composto selecionado apresentaram no tratamento com menor dose, 15 t ha⁻¹, um ganho de 54% em altura, 52,5% em diâmetro de colmo e 81,2% na biomassa aérea em relação ao controle.

Ramos (1996) em experimento desenvolvido no município de Itumirim-MG, com calagem, gessagem, adubação orgânica e mineral com a cultura do milho, relata que a adubação orgânica proporcionou aumentos de 74,05% na produção de milho, enquanto que a adubação mineral proporcionou aumento de apenas 22,64%.

Sorensen et al. (2003), relacionaram vários tipos de dieta de gado de leite, com o conteúdo de nitrogênio e carbono no esterco estocado e incubado no solo por 12 semanas e a quantidade de fibra bruta no alimento com a liberação líquida de C-CO₂ (% do C total do esterco). Observou-se que quanto maior a fibra bruta no alimento menor a quantidade de C-CO₂ liberado. A relação C:N no esterco é influenciada pelas perdas de N e C durante a estocagem do esterco. Concluiu-se que a composição da dieta influenciou a disponibilidade do N do esterco.

Sarkar et al. (2003) realizaram experimento de campo por nove anos, estudando o manejo integrado de nutrientes envolvendo a incorporação de palha de trigo ou esterco de curral sozinho ou combinado com fertilizante mineral, observou-se que a aplicação anual de palha de trigo e esterco de curral proporcionou aumentos progressivos da produção de arroz nos primeiros sete anos. O rendimento de lentilha foi maior com as fontes orgânicas, a partir do primeiro ano.

Em trabalho conduzido na região oeste do Paraná com três tipos de adubação orgânica: composto de resíduo sólido de frigorífico, efluente de biodigestor (suíno) e esterco bovino fermentado em esterqueira aplicados em quantidade anual de 30 t ha⁻¹, Silva (1999) concluiu que a produtividade de milho, nos tratamentos onde foram utilizados os adubos orgânicos, relacionou-se com a concentração de nutrientes do adubo, ou seja, o tratamento com efluente de biodigestor apresentou a maior concentração de nutrientes e também a maior produtividade de milho, seguido pelo tratamento com composto de resíduos sólidos de frigorífico e pelo tratamento com esterco fermentado em esterqueira.

Em trabalho desenvolvido na região de Marechal Cândido Rondon-PR com cama de aviário e composto de carcaça de aves, Burin (2002) obteve melhorias nos parâmetros químicos do solo tais como pH, Ca, Mg e MO. Sendo que para o pH, Ca e Mg tanto o composto como a cama de aviário apresentaram melhoras expressivas, destacando-se os aumentos na MO onde se utilizou cama de aviário.

Cassol (1999), realizou pesquisa com estrume de gado de leite e cama de aviário como fonte de fósforo. O autor concluiu que para a somatória dos efeitos imediato e residual, os estrumes apresentaram eficiência semelhante ao superfosfato triplo. O índice de eficiência relativa imediata estimado para as amostras de estrume de vaca variou entre 0,87 a 0,98 e para as amostras de cama de aviário, entre 0,78 e 0,85.

A especialização das propriedades agrícolas nos últimos cinquenta anos, desvinculando a criação animal da produção vegetal, causou sérios problemas principalmente quanto ao teor de matéria orgânica e a perda de nutrientes do solo, quer seja por erosão, quer seja por lixiviação. Uma nova mudança de paradigma nesse aspecto será a tônica futura, ou seja, a criação animal conjugada com a produção vegetal, trazendo amplos benefícios a ambos e demonstrando dessa maneira o alcance da sustentabilidade.

4.5 Variáveis de desenvolvimento de plantas

Diferentes variáveis são utilizados para medir o desenvolvimento vegetal, dentre eles, pode-se destacar para o milho: comprimento e massa seca de raiz, diâmetro e massa seca de colmo, número de folhas, altura de planta, área foliar e massa seca de folhas, massa seca total, dentre outros. Nem sempre bom desenvolvimento vegetal, medido através desses parâmetros, se correlaciona com altas produtividades. Diversos trabalhos utilizando estes parâmetros com diferentes espécies de plantas são encontrados na literatura.

O conhecimento da área foliar do milho é fundamental para estudos fisiológicos para análises de crescimento, fotossíntese e transpiração, além de pesquisas para quantificar os danos de pragas e doenças foliares em agroecossistemas (TSUMANUMA et al., 2004).

Fontes et al. (2005), trabalhando com a dinâmica do crescimento e distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido, concluíram que o crescimento da planta foi contínuo ao longo do ciclo sendo que os frutos acumularam a maior quantidade de matéria seca. A produção total de frutos maduros foi 51960 kg ha⁻¹ ou 232 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de permanência da cultura no ambiente protegido. Os frutos comerciais corresponderam a 92,8% da produção total.

Zucareli (2005), trabalhou com adubação fosfatada na produção e desempenho em campo de semente de feijoeiro CV. Carioca precoce e IAC Carioca Tybatã, cultivados em duas épocas, período das águas e período de seca. Dentre as conclusões destacam-se: independente do teor de fósforo nas sementes, a adubação fosfatada alterou os índices biométricos e fisiológicos do crescimento da planta, as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de sementes, com resultados variáveis em função da época de cultivo e da cultivar.

Massa seca por planta e por folha avaliada, área foliar e quantidade de nitrogênio acumulado por planta e por folha avaliada em milho, apresentaram menores coeficientes de correlação com rendimento de grãos em relação aos obtidos entre leitura com clorofilômetro (SPAD) ou teor de nitrogênio e rendimento de grãos, nos quatro estádios avaliados por Argenta et. (2002).

Portes et al. (2000), desenvolveram experimento em área de pastagem na Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, com braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) em consórcio com milho, sorgo, milheto, e arroz. Foram estimadas as seguintes variáveis: número de perfilhos, índice de área foliar (IAF), massa seca de folhas verdes e dos colmos, massa seca total da parte aérea (colmos e folhas). Foram obtidos para a massa seca de braquiária valores de 6.020,0 kg ha⁻¹ em consórcio com arroz, 10.397,6 kg ha⁻¹ em consórcio com sorgo, 8.989,0 em consórcio com milheto, 4.055,0 kg ha⁻¹ em consórcio com milho.

Em um ensaio com culturas de inverno centeio, trigo e tritcale em solução nutritiva, contendo todos os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas, exceto o nitrogênio, Paponov et al. (1999), analisaram: massa seca, partição do nitrogênio, área foliar específica, comprimento específico de raiz e a taxa assimilatória líquida as quais são determinadas pela aquisição de nitrogênio e assimilação de carbono durante o crescimento vegetativo. A taxa de crescimento relativo foi maior para o tritcale, seguido pelo

centeio, ficando o trigo com a menor taxa. Quanto à matéria seca de raiz e concentração de nitrogênio, os autores afirmam que as espécies de cereais alocam matéria seca para as raízes sob condição de limitação de nitrogênio. Sem a limitação de nitrogênio, a massa de raiz foi cerca de 25%, da massa total da planta enquanto que com o suprimento mínimo de nitrogênio essa taxa foi 60% .

Tekalign e Hammes (2005), trabalhando com cultivares de batata, concluíram que: as cultivares apresentaram diferenças quanto à massa fresca, número e tamanho, gravidade específica, conteúdo de matéria seca dos tubérculos e conteúdo de nutrientes. O desenvolvimento do fruto reduziu o índice de área foliar, taxa de crescimento e o coeficiente de partição, enquanto aumentou as taxas de desenvolvimento cultural e as taxas assimilatórias líquidas. Reduziu o rendimento de tubérculos, tanto quanto o conteúdo de matéria seca.

Tei et al. (1996), analisando o crescimento, interceptação de luz e o uso eficiente da radiação para alface, alho e beterraba, observaram que as três plantas têm padrões de crescimento diferenciados. Alface produziu a menor biomassa, porém com maior eficiência na interceptação de luz e no crescimento, nos estádios iniciais de desenvolvimento. O alho apresentou menor taxa de crescimento relativo do que a alface e a beterraba. O alho mostrou alta eficiência no uso da radiação e foi capaz de produzir grande quantidade de matéria seca. Observou-se maiores produções de massa seca para a beterraba entre as três culturas. A postura de suas folhas e a estrutura do dossel resulta em alta interceptação e absorção de luz. Apesar da baixa taxa de respiração das raízes de estocagem, o uso eficiente da radiação é menor do que o do alho, de certo modo por causa da distribuição mais adversa da luz entre o dossel e de certo modo por causa da contínua distribuição da matéria seca para as folhas até o final do ciclo de desenvolvimento.

Em trabalho desenvolvido no Ceará com cultivares de mandioca em dois ciclos, Távora et al. (1995) analisaram parâmetros como: matéria seca de raízes, taxa de crescimento de raízes, ramas e biomassa, produção e taxa de acúmulo de matéria seca das ramas, índice de área foliar e taxa de assimilação líquida. Os autores obtiveram os seguintes resultados: as médias de rendimento de matéria seca de raízes para as três melhores cultivares foram 5.769 kg ha⁻¹ (BGM 187), 4.349 kg ha⁻¹ (EAB 652) e 4.227 kg ha⁻¹ (BGM 168). As maiores taxas de crescimento médio no primeiro ciclo foram: BGM 187, empatadas CL 35 e

EAB 652, a quarta cultivar com maior valor foi a BGM 028. Para o segundo ciclo as cultivares que apresentaram os maiores valores foram: BGM 168, BGM 187 e BGM 028. Os maiores índices de área foliar foram da Bujá Branca e BGM 187 ambas com 1,67 em média. Para a taxa de assimilação líquida destacaram-se as seguintes: BGM 028 com 4,70, a BGM 187 com 4,66 e EAB 652 com 4,55 g m⁻² d⁻¹.

Rosa et al. (2004), trabalharam com análise de crescimento em braquiária *Urochloa brizantha* cv. Marandu e com leguminosas forrageiras *Stylosanthes guianensis* cv. Minerão e *Neonotonia wightii* cv. Comum, nos sistemas solteiro e em consórcio. Os autores concluíram que a competição interespecífica nos cultivos consorciados interferiu de forma diferenciada no IAF e TCC. Essa interferência também foi observada para a produção de MS para a braquiária. Assim, em consórcio com as leguminosas testadas, essa gramínea sofre processo de inibição do crescimento. Portanto, a produção de massa seca obtida no consórcio com as duas leguminosas é menor que a esperada, quando comparada com a produtividade do sistema solteiro.

A análise de crescimento baseia-se no fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas durante o crescimento, provém da atividade fotossintética. Os 10% restantes resultam da absorção dos minerais do solo. Muito embora a quantidade de minerais seja pequena ela é de fundamental importância no desenvolvimento vegetal. Apesar de não se poder quantificar a importância da fotossíntese e dos nutrientes separadamente, existe uma estreita relação entre os dois, de tal forma que deficiências em um, prejudica o outro direta ou indiretamente (BENINCASA, 1988).

4.6 Desempenho da cultura do milho nas diferentes épocas de colheita

A importância da cultura do milho não se restringe ao fato de ser produzida em grande volume numa grande extensão de áreas, mas também ao importante papel sócio econômico que representa. O milho é usado diretamente na alimentação humana e dos animais domésticos, bem como constitui matéria prima para uma gama de produtos industrializados. No entanto, sabe-se que é um cereal facilmente atacado por pragas, principalmente, quando ocorre atraso na colheita ou quando é armazenada de forma inadequada (JOBIM, 1996).

Atualmente o milho tem grande participação tanto na alimentação humana quanto animal. Na animal o milho é um dos principais componentes energéticos das rações. Devido a sua versatilidade em função de épocas de colheita e de armazenamento, pode ser utilizado na forma de grão seco, silagens de planta inteira e grão úmido (COSTA et al., 2000 e GOMES, 2003).

Vilela (2001), define silagem como o produto resultante da fermentação da planta forrageira na ausência de oxigênio, armazenada em estruturas denominadas silos. A fermentação se constitui na conversão de carboidratos em ácidos orgânicos, por meio de microorganismos presentes na própria planta, que se multiplicam e desenvolvem intensa atividade fermentativa ao encontrarem condições adequadas de meio até quando o pH ou os níveis de ácidos são suficientes para inibir a fermentação. A forragem torna-se estável e, como silagem, é preservada enquanto permanecer a condição de ausência de oxigênio no silo.

Dentre as opções de plantas forrageiras que se prestam à produção de silagem, o milho se destaca, pois apresenta vários atributos que justificam sua ampla utilização para esse fim. Apresenta período de semeadura relativamente longo, possibilidade de colheita para grão ou silagem, alta produção de matéria seca por hectare, possibilidade de colheita sem perdas significativas de folhas, bom padrão de fermentação no silo (teor de matéria seca em torno de 30 a 35%), alta concentração de carboidratos não fibrosos e baixo poder tamponante, alto conteúdo energético (alto teor de amido) e facilidade de mecanização na ensilagem (NUSSIO, 1991 e PECK, 1998).

A qualidade das plantas para ensilagem é uma das metas do melhoramento genético. Quanto à composição das frações da planta de milho, alguns trabalhos foram desenvolvidos no sentido de identificar variações existentes entre essas frações e a possível influência destas na qualidade da planta de milho (NUSSIO e MANZANO, 1999; BALARD et al. 2001 e CAETANO, 2001). Nesses trabalhos as porcentagens de grãos, espigas, colmos, folhas e sabugos variaram de 26 a 51%, 45 a 58%, 24 a 36%, 11 a 14% e 7 a 11%, respectivamente.

A qualidade da silagem de uma cultivar pode ser estimada pela composição bromatológica e o potencial energético (nutrientes digestíveis totais – NDT).

A porcentagem de FDN (fibra em detergente neutro), é uma estimativa da porcentagem de parede celular e é determinada pela digestão da forragem em solução de

detergente neutro que solubiliza o conteúdo celular. A fração FDN contém majoritariamente celulose, hemicelulose e lignina. A porcentagem de FDA (fibra em detergente ácido) é uma estimativa de fibra pouco digestível, sendo determinada pela digestão da forragem em detergente ácido que solubiliza o conteúdo celular e a hemicelulose. Assim, a fração FDA contém em maior proporção celulose, lignina (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

A silagem de grão úmido é uma boa alternativa para a suplementação animal devido à qualidade. Essa qualidade é medida através de alguns parâmetros, tais como pH 3,8 a 5,6; FDA 10 a 12,1%; FDN 22,7 a 25,4%; PB 7,8 a 8,4 e EB 4.300 Kcal kg MS⁻¹. Enquanto a silagem de grão úmido apresenta a seguinte composição média: pH 3,5 a 4,2; PB 8,7 a 10,8%; FB 3 a 3,6%; EB 4.344 Kcal kg MS⁻¹; EE 3,10 a 3,72; NDT 85 a 89%; ENN 51,9%; cinzas 1,2 a 1,3 (KRAMER e VOORSLUYS, 1991).

Uma prática muito usual no Brasil é a colheita das espigas na fase de milho verde quando os grãos apresentam de 70 a 80% de umidade, sendo o restante da planta, colmo e folhas. Este material é ensilado para arração animal com umidade em torno de 74,3%, independente da época de semeadura. Assim sendo, a ensilagem do restante da cultura logo após a colheita das espigas ainda milhos verdes, não seria indicado, em decorrência do elevado teor de umidade (RAMALHO et al. 1985).

A prática da colheita total ou parcial de espigas para comercialização do milho verde, associada à uma utilização do restante da planta para silagem, além do baixo teor de matéria seca por área também apresenta baixa qualidade do material. As espigas, além de representarem 50% do peso seco da planta, em regiões tropicais com elevada temperatura no verão, apresentam, por ocasião da ensilagem, uma qualidade de hastes sensivelmente menor que as de clima temperado, resultando em silagem de qualidade inferior (NUSSIO, 1991).

As produtividades de silagem de planta inteira apresentadas por Almeida Filho et al. (1999), variaram de 10.350 a 12.720 kg ha⁻¹, em ensaio de competição com nove cultivares. Enquanto Silva et al. (1999c), obtiveram 15.500 a 21.800 kg ha⁻¹, trabalhando com vinte e um cultivares.

A retirada de até 25% das espigas na fase de milho verde, com posterior ensilagem do material restante, nas fases de grão leitoso e grão farináceo, não comprometeram a qualidade da silagem. Os resultados mostraram para planta inteira (sem 25% das espigas) a produção de matéria seca na fase de grão leitoso foi de 7.560 kg ha⁻¹ e de grão farináceo de

7.250 kg ha⁻¹, enquanto que a ensilagem da planta inteira (com as espigas), foi de 6830 kg ha⁻¹ para grão leitoso e 6.500 kg ha⁻¹ para grão farináceo (COSTA et al. 2000).

A silagem de grãos úmidos pode ser definida como o produto da conservação em meio anaeróbio de semente ou grãos de cereais logo após a maturação fisiológica, com teor de umidade variando de 25 a 30% (COSTA et al., 1999).

4.7 Aspectos ambientais da utilização da adubação orgânica

Segundo Kelleher et al. (2002), dependendo das condições ambientais uma considerável parcela do N orgânico, contida nos dejetos, será convertida em amônia (NH₃) ou amônio (NH₄⁺), sendo esta última prontamente solúvel em água. A NH₃ será facilmente perdido para a atmosfera, por volatilização e o NH₄⁺ poderá ser transformado em nitrato (NO₃⁻) por ação dos microrganismos. Assim como o nitrogênio, a presença de fósforo em cursos d'água é uma preocupação, pois, o processo de eutrofização, compromete a sobrevivência de peixes, reduz a biodiversidade e aumenta a emissão de odores e o crescimento de organismos tóxicos. A presença de zinco e cobre nos dejetos, devido a crescente utilização de promotores de crescimento e antibióticos, também deve ser considerada (BERNAL et al., 1992; NICHOLSON et al., 1999), pois ao permanecerem no solo podem provocar problemas de fitotoxicidade, percolarem ou serem transportados pela água da chuva, ocasionando a contaminação de cursos d'água.

Tamminga (1992) ressaltou que, em média, de 75 a 85% do N ingerido por vacas produtoras de leite é perdido nas formas de fezes e urina; em média, uma vaca leiteira que consome 88,0 kg de N ao ano, irá utilizar 33,0 kg e 4,0 kg do elemento para a produção de leite e tecido muscular, respectivamente, sendo o N restante perdido nas excreções.

A nitrificação é a transformação do NH₄⁺ em NO₃⁻ pelas bactérias do solo, sendo uma reação chave no ciclo do nitrogênio. O NO₃⁻ é prontamente disponível às plantas, sendo uma importante forma do nitrogênio para muitas culturas, contudo sobras da transformação na solução do solo são prontamente removidas com a água. O NO₃⁻ pode também ser reduzido por bactérias com perda de nitrogênio para a atmosfera, na forma gasosa. Este processo é conhecido como desnitrificação. Na forma NO₃⁻ o nitrogênio pode lixiviar

através do solo, pois ele é um anion que tem baixa capacidade sortiva e não forma precipitados insolúveis. O N tem o maior potencial poluidor dos três elementos (NPK), e limita a quantidade de resíduos orgânicos que podem ser aplicados com segurança ao solo e utilizados na adubação das culturas (USDA 1996).

O nitrogênio é o elemento que se perde com facilidade, reduzindo seu aproveitamento pelas plantas. Dentre as principais causas de perdas do elemento, quando da utilização de uréia são: volatilização, desnitrificação, escoamento superficial, lixiviação e imobilização por microrganismos (LARA CABEZAS, 2000). Os adubos nitrogenados mais comercializados no Brasil são: uréia e nitrato de amônio (50% do mercado nacional), e o sulfato de amônia (25% do mercado nacional). A uréia quando aplicada ao solo sofre inicialmente reação química, denominada hidrólise, catalizada pela uréase, produzindo amônia e gás carbônico. Essa reação tem um aspecto importante que é o aumento do pH do solo, nas adjacências dos grânulos. O sulfato de amônio quando aplicado ao solo produz diretamente íons amônio. Os íons amônio sofrendo a ação das bactérias autotróficas são oxidados a nitrato, reação esta, denominada nitrificação (SILVA e VALE, 2000).

Gomes et al. (2004) realizaram experimento na UNIOESTE- Campus de Cascavel-PR com águas residuárias, avaliando a lixiviação de nitrato em dois tipos de solos argiloso e arenoso com e sem calcário, em colunas de PVC. Os autores concluíram que em solos tanto arenosos quanto argilosos, a aplicação de calcário propiciou tendências de lixiviação de nitrato, sendo esse fenômeno mais acentuado no solo argiloso.

Kellman (2005) relatou trabalho desenvolvido em Quebec no Canadá, com drenos de água em campos de produção agrícola, na bacia do St Lawrence River, utilizando isótopos de nitrogênio (N^{15}) para avaliação dos níveis de NO_3^- na água dos drenos, em áreas onde eram utilizados fertilizantes inorgânicos, fertilizantes orgânicos (esterco de porco) e a combinação de ambos. Os autores concluíram que os valores de N^{15} no NO_3^- nos drenos de água, mostraram um padrão de diferenças distintas nos drenos de água dos campos com contribuições das diferentes fontes de N. Os campos cultivados com culturas fixadoras de N e campos onde tinham sido aplicados somente fertilizantes nitrogenados minerais, tinham valores de N^{15} bem abaixo dos campos submetidos a aplicações regulares de esterco de porco.

Em trabalho onde foi analisada a lixiviação e a imobilização de nitrogênio, observou-se que a imobilização de nitrogênio aplicado variou de acordo com a

forma de aplicação do fertilizante. A lixiviação foi maior onde a uréia foi incorporada ao solo e menor quando aplicada na superfície. As diferenças, provavelmente, ocorreram pela maior volatilização de amônia ou pelo retardamento da nitrificação, nos tratamentos com uréia na superfície, em decorrência do menor contato do adubo com o solo. É desejável que o processo de lixiviação seja retardado, após a distribuição do fertilizante no solo, pois permite um período maior para a absorção das plantas, possibilitando uma melhor utilização do fertilizante (ERNANI et al., 2002).

Tamminga (2003) conclui em seu trabalho que a produção animal causa, inevitavelmente, perda de nutrientes e outros produtos contidos nos dejetos, os quais excedem a capacidade suporte do solo tornando-os deletérios ao ambiente. As perdas de nutrientes que causam maior preocupação são aquelas relacionadas ao P, NO_3 , CO_2 , CH_4 , N_2O , NH_3 e K.

Bakhsh et al., (2005) realizaram estudo sobre a aplicação de esterco líquido de suíno e nitrato de amônio, sobre as perdas por lixiviação de N - NO_3^- para as águas do subsolo, em Iowa nos Estados Unidos, em campos com cultura contínua de milho e em rotação com soja, no período de seis anos. A concentração de N- NO_3^- nos drenos foi afetada pelas taxas de aplicação do esterco de suíno. A média de seis anos do efeito de rotação de cultura sobre as perdas de N- NO_3^- no fluxo dos drenos não foi significativa, nem para o esterco suíno, nem para o nitrato de amônio, mas aumentou significativamente o rendimento do milho, nos dois sistemas. A aplicação do esterco líquido de suíno no período de seis anos resultou em maior perda de nitrato no fluxo do dreno (53%), não mostrando diferença no rendimento do milho, em comparação com o nitrato de amônio no sistema de monocultura de milho.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização

O experimento foi instalado e conduzido na área experimental da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, situada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas médias são: 22° 40' 31" de latitude Sul, 48°25' 37" de longitude Oeste e a 770 metros de altitude. O clima é Cfa, segundo classificação de Koeppen, tropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso.

5.2 Caracterização do solo

O solo, conforme Carvalho et al. (1991) foi classificado como um Latossolo Vermelho escuro, textura média, relevo suave ondulado, atualmente, segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999) é um Latossolo Vermelho, distroférico, textura média, relevo suave ondulado,

5.2.1 Caracterização química inicial

Foram coletadas amostras de solos compostas por 20 sub amostras nas camadas 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade, e realizadas análises para fins de

fertilidade de acordo com as metodologias descritas em Raij et al. (1987), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área, antes da instalação do experimento, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade.

QUÍMICAS	Profundidade (m)		
	0-0,10	0,11-0,20	0,21-0,30
pH CaCl ₂	4,4	4,2	4,1
Matéria Orgânica (g dm ⁻³)	14	13	16
P resina (mg dm ⁻³)	3	2	2
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2	5	5
H + AL (mmol _c dm ⁻³)	28	45	45
K (mmol _c dm ⁻³)	2,2	1,0	0,7
Ca (mmol _c dm ⁻³)	10	10	10
Mg (mmol _c dm ⁻³)	3	2	3
SB (mmol _c dm ⁻³)	16	13	13
CTC (mmol _c dm ⁻³)	43	58	57
V (%)	36	23	22
Boro (mg dm ⁻³)	0,09	0,05	0,07
Cobre (mg dm ⁻³)	2,7	2,1	2,4
Ferro (mg dm ⁻³)	53	36	38
Manganês (mg dm ⁻³)	9,4	4,9	3,9
Zinco (mg dm ⁻³)	1,3	0,7	0,8

5.2.2 Caracterização física inicial

Para a caracterização física foram coletadas 20 amostras indeformadas, em cada camada, nas profundidades de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m, com anéis de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, de acordo com métodos descritos em EMBRAPA (1997). Foram coletadas 5 amostras contendo aproximadamente 0,5 kg de solo cada, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade, em 5 pontos na área, para caracterização granulométrica e estabilidade de agregados por via úmida (EMBRAPA, 1997). Os resultados da caracterização física do solo da área experimental são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade.

FÍSICAS	Profundidade (m)		
	0-0,10	0,11-0,20	0,21-0,30
Areia (g kg^{-1})	740	723	746
Silte (g kg^{-1})	45	43	41
Argila (g kg^{-1})	215	234	213
Diâmetro Médio Ponderado	1,99	2,58	2,02
Densidade do Solo (Mg m^{-3})	1,62	1,65	1,68
Porosidade Total ($\text{cm}^{-3} \text{ 100cm}^{-3}$)	37	36	36
Macroporosidade ($\text{cm}^{-3} \text{ 100cm}^{-3}$)	14	12	10
Microporosidade ($\text{cm}^{-3} \text{ 100cm}^{-3}$)	23	24	26

5.2.3 Correção do solo

A necessidade de calagem foi calculada com base na análise de solo, visando elevar a saturação por bases a 70%. Utilizou-se calcário dolomítico que foi distribuído homogeneamente em área total na quantidade de $2.356,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e incorporado na camada superficial, 0-20 cm, mediante operações de aração e gradagem. A aplicação foi realizada 60 dias antes da semeadura do primeiro ano.

5.3 Dimensões e espaçamento entre parcelas

O experimento foi constituído de 24 parcelas, distribuídas em quatro blocos, nas dimensões: 15 m de comprimento por 8 m de largura. Os espaços de separação entre parcelas foram de 10 m, para facilitar manobras com máquinas. Entre blocos foram deixados corredores com quatro metros de largura.

5.4 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de produtos resultantes dos diferentes processos biológicos de reciclagem do esterco de bovino criados em regime de

confinamento para produção de novilhos superprecoces, que são: V = vermicomposto; B = efluente de biodigestor; C = composto orgânico; E = efluente de esterqueira; além dos tratamentos M = adubo mineral e T = testemunha (sem adubos).

Os adubos orgânicos sólidos foram distribuídos manualmente na totalidade da parcela. Os adubos orgânicos líquidos (efluente de biodigestor e efluente de esterqueira) foram distribuídos com auxílio do distribuidor de esterco, também na totalidade da parcela. Após a aplicação, os mesmos foram superficialmente incorporados por meio de gradagem.

A adubação mineral foi definida com base nos resultados obtidos pela análise química do solo (Tabela 1), de acordo com as recomendações para a cultura do milho contidas em Raij et al. (1996).

Para os adubos orgânicos utilizou-se a quantidade necessária de matéria seca para atingir 120 kg N ha^{-1} , a mesma quantidade utilizada no tratamento mineral. Para os adubos orgânicos a quantidade calculada foi distribuída de uma só vez, em cada safra. Para o tratamento mineral, a adubação nitrogenada foi parcelada: plantio com $20 \text{ a } 30 \text{ kg ha}^{-1}$ + cobertura de $80 \text{ a } 100 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. A aplicação da adubação de cobertura (uréia) foi sempre realizada após a ocorrência de chuva, por volta de 35 dias após emergência.

A semeadura do milho Braskalb DKB 350 foi realizada com semeadora tratorizada, no espaçamento de 90 cm entre linhas com 5,5 sementes viáveis por metro, definindo uma população média de 55.000 plantas por hectare. Utilizou-se para adubação mineral $616,7 \text{ kg/ha}$ da formulação 04-20-10 no primeiro ano, sendo nos demais 375 kg ha^{-1} e 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16. As semeaduras ocorreram nos dias 08/01/2003, 26/12/2003 e 24/11/2004 após a estabilização das chuvas.

Antes da semeadura, a área foi dessecada com glifosate. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida a base de atrazine e simazine em pós-emergência, com pulverizador de barras acoplado a trator, na dose de sete litros do produto comercial por hectare.

5.5 Análise química dos adubos orgânicos

Para os adubos orgânicos sólidos foram coletadas seis sub amostras para formar uma única amostra composta. Para os adubos orgânicos líquidos foram coletadas várias sub amostras, até completar o volume de 20 L. Após homogeneizada foi retirada uma amostra de 1 L que foi encaminhada para análise no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP. Os resultados destas análises são apresentados na Tabelas 3.

5.6 Épocas de avaliação da cultura

Foram definidas três épocas de amostragem na cultura do milho. A primeira quando a cultura encontrava-se na fase de grão leitoso, ideal para silagem de planta inteira, com teor de água entre 40 a 60%. A segunda na fase de maturação fisiológica, ideal para silagem de grão úmido, com teor de água entre 20 a 30% e a terceira na colheita, fase de grão maduro com teor de água próximo de 13%.

5.7 Parâmetros Avaliados

5.7.1 Análise de Crescimento

Durante o experimento foi realizada análise de crescimento da cultura do milho, utilizando-se a metodologia descrita a seguir. No plantio da safra 2002-2003, realizado em 08/01/2003, a emergência ocorreu em 12/01/2003; na safra 2003-2004 o plantio foi realizado em 26/12/2003 e a emergência ocorreu em 31/12/2003; na safra 2004-2005 o plantio foi realizado em 24/11/2004 e a emergência ocorreu em 29/11/2004. Para a análise de crescimento estipularam-se dias após a emergência (DAE), sendo 23, 33 e 35 DAE, na primeira, segunda e terceira safras respectivamente. As coletas se deram a cada 14 dias, em número de cinco, em cada safra. Foram colhidas quatro plantas por parcela, em duas linhas laterais à área útil da parcela. Na seqüência, as plantas foram desmembradas em folhas, bainha, colmo, inflorescência masculina e espiga, quando existiam. As folhas foram separadas para leitura de área foliar, realizada no Instituto de Biociências Depto. de Botânica-UNESP Botucatu com o equipamento Area Meter Leaf, Li-Cor, model 3100, Lincoln, Nebraska, USA. Em seguida, as folhas e demais partes constituintes foram secas, separadamente, em estufa de

Tabela 3. Análise química dos adubos orgânicos: Composto (C), Vermicomposto (V), Efluente de biodigestor (B), Efluente de esterqueira (E) nas safras 2002-20003, 2003-2004 e 2004-2005.

		Resultado em % na MS										Resultado em mg/kg na MS					pH	C/N
Adubo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	UM%	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Zn	Cu	Mn	Fe				
Safra																		
	C	2,8	4,0	2,25	50,0	59,0	32,78	5,70	0,90	0,82	156	170	240	4700	7,60	12/1		
	V	1,6	1,8	0,20	63,0	41,0	22,78	2,10	0,38	0,43	400	170	100	614	16400	6,60	14/1	
2002-2003																		
		Resultado em % ao natural																
	E	0,04	0,04	0,05	-----	0,20	0,11	0,03	0,1	0,005	146	2	1	2	39	7,00	3/1	
	B	0,30	0,31	0,12	-----	7,12	3,96	0,27	0,07	0,60	400	21	11	28	1020	7,10	13/1	
Safra																		
	C	3,44	3,50	3,80	10,30	72,0	40,00	1,30	0,90	0,75	6080	272	164	146	4200	6,40	18/1	
	V	3,41	3,20	3,30	4,72	76,0	42,30	1,40	0,90	0,68	3400	426	172	144	4480	6,20	20/1	
2003-2004																		
		Resultado em mg/kg ao natural																
	E	0,13	0,16	0,08	-----	11,0	6,20	0,20	0,04	0,03	60	36	60	12	1080	7,60	85/1	
	B	0,28	0,30	0,20	-----	15,0	8,40	0,40	0,09	0,04	540	38	50	30	640	8,00	54/1	
Safra																		
	C	4,35	3,90	3,49	36,94	69,0	38,40	1,18	1,20	0,94	6300	1750	240	272	10300	5,67	9/1	
	V	3,74	3,62	3,80	40,87	71,0	39,50	1,34	1,08	0,81	5920	1450	270	236	7800	7,18	11/1	
2004-2005																		
		Resultado em mg/kg ao natural																
	E	0,09	0,10	0,07	-----	6,0	3,20	0,12	0,07	0,02	103	19	31	7	560	7,30	45/1	
	B	1,40	0,17	0,79	-----	1,45	0,81	0,20	0,14	-----	248	132	46	30	390	7,34	1/1	

circulação forçada de ar a temperatura de 65°C e pesadas para a determinação da massa seca. Os dados obtidos foram submetidos ao programa ANACRES (PORTES e CASTRO JR., 1991).

5.7.1.1 Índices Biométricos

Foram avaliados os índices biométricos da planta como: área foliar (AF), matéria seca de folha (MSF), matéria seca de colmo (MSC), matéria seca de espiga (MSE), matéria seca da inflorescência masculina (MSI) e matéria seca total (MST). Esses parâmetros foram comparados percentualmente à testemunha na última coleta de cada ano, para a qual foi atribuído o valor 100.

5.7.1.2 Índices Fisiológicos

Foram determinados os seguintes índices fisiológicos: Índice de área foliar (IAF) que representa a relação entre a área foliar total e a área de solo sombreado pelas folhas; área foliar específica (AFE) que relaciona a superfície com o peso de matéria seca da própria folha. Considerando-se o inverso da AFE, ou seja MSF/AF , tem-se a espessura da folha, que é denominado peso específico de folha (PEF); taxa de crescimento relativo (TCR) que varia durante o período de observação pois, depende de dois outros parâmetros de crescimento: área foliar útil (AFU) e a taxa de fotossíntese líquida que é a taxa de assimilação líquida (TAL); razão de área foliar (RAF) que é a relação da AF/MST e expressa a AF útil para a fotossíntese, ou seja a RAF expressa a AF necessária para a planta produzir um grama de matéria seca.

5.7.2 Parâmetros fitométricos e químicos

5.7.2.1 Safra 2002-2003

Planta Inteira

Foram avaliados os seguintes parâmetros da cultura do milho:

Altura de planta (cm): a altura da planta foi padronizada desde a superfície do solo até a bainha da folha bandeira, em todos os tratamentos, através da aferição de quatro plantas em cada parcela, usando-se a trena.

Diâmetro de Colmo (mm): o diâmetro do colmo foi avaliado a 5 cm. da superfície do solo, considerando quatro plantas por parcela, sendo determinado com auxílio de paquímetro.

Massa seca de planta inteira (g pl^{-1}): a massa seca foi determinada em quatro plantas por parcela, que foram cortadas desde à superfície do solo, secas em estufa de circulação forçada a temperatura de 65° C, até peso constante. Em seguida, o material foi pesado para obtenção da massa seca.

Relação C/N: os teores de carbono e nitrogênio foram determinados através de método descrito por Raij et al. (2001).

Grão úmido e palhada

Diâmetro de Colm (mm): o diâmetro do colmo foi avaliado a 5 cm. da superfície do solo, considerando quatro plantas por parcela, sendo determinado com auxílio de paquímetro.

Peso de 100 grãos (g): realizado através da pesagem das sementes após secagem em estufa de circulação forçada de ar à 65° C até peso constante.

Massa seca de planta inteira (g pl^{-1}): a massa seca foi determinada em quatro plantas por parcela, que foram cortadas desde à superfície do solo, secas em estufa de circulação forçada a temperatura de 65° C, até peso constante. Em seguida, o material foi pesado para obtenção da massa seca.

Relação C/N: a relação C/N foi determinada conforme descrito anteriormente, em amostras do grão úmido e da palhada (toda planta exceto grãos).

Colheita

Diâmetro da espiga (mm): o diâmetro da espiga foi determinado na parte central com auxílio de paquímetro, em quatro plantas por parcela.

Diâmetro do sabugo (mm): o diâmetro foi determinado na parte central do sabugo com auxílio de paquímetro, em quatro plantas por parcela.

Produtividade da cultura (kg ha⁻¹): para avaliação da produtividade da cultura foram coletadas plantas de quatro linhas centrais de cada parcela, com dez metros cada, sendo avaliada a produção de grãos. Foram retiradas três amostras por parcela, de aproximadamente 50 g cada, colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 75 °C por 48 horas, para obtenção da massa seca, permitindo a determinação do teor de água, e posterior correção do peso obtido nas respectivas parcelas a 13% de teor de água.

5.7.2.2 Safra 2003-2004

Planta Inteira

Foram avaliados os mesmos parâmetros da safra 2002-2003 descritos anteriormente.

Grão úmido e palhada

Altura de planta (cm): a altura da planta foi padronizada desde a superfície do solo até a bainha da folha bandeira, em todos os tratamentos, através de quatro plantas em cada parcela, usando-se a trena.

Os demais parâmetros avaliados foram os mesmos da safra 2002-2003.

Colheita

Comprimento da espiga (cm): o comprimento da espiga foi determinado com auxílio de régua em quatro plantas por parcela.

Número de fileiras: o número de fileiras de grãos por espiga foi caracterizado considerando a média de quatro plantas por parcela.

Número de grãos por fileira: o número de grãos de milho por fileira foi caracterizado considerando quatro plantas por parcela.

Os demais parâmetros avaliados foram os mesmos da safra 2002-2003.

5.7.2.3 Safra 2004/2005

Planta Inteira

Composição química da planta: foram determinados os teores de macro (C, N, P, K, Ca, Mg e S), em g kg^{-1} e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), em mg kg^{-1} , segundo Raij et al. (2001). As análises de planta inteira foram realizadas no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA/Unesp.

Composição bromatológica da planta: foram determinados os teores de Fibra Bruta (FB), Extrato Etéreo (EE), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Extrativos-Não-Nitrogenados (ENN) e Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), segundo metodologia descrita em Silva e Queiroz (2002). As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ/Unesp.

Os demais parâmetros avaliados foram os mesmos das safras 2002-2003 e 2003-2004, descritos anteriormente.

Grão úmido e palhada

Foram realizadas análises da composição química em amostras de grão úmido e da palhada (sabugo + palha), e análises da composição bromatológica em amostras de grão úmido, conforme descrito no item anterior.

Os demais parâmetros foram os mesmos descritos para a safra 2003-2004.

Avaliação: Colheita

Na fase de colheita foram avaliados os mesmos parâmetros descritos para a safra 2003-2004.

5.7.3 Análise química de solo

Foram coletadas 15 sub amostras de solo para formar uma amostra composta em cada parcela, nas camadas de 0-0,10; 0,11-0,20 e 0,21-0,30 m de profundidade, após cada colheita do milho, para análise de macro e micronutrientes (RAIJ et al., 1987).

5.7.4 Teores de amônia e nitrato no solo

Foram avaliados os teores de amônia e de nitrato do solo, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm de profundidade, através do método descrito por Raij et al. (2001), ao final da terceira safra.

5.8 Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os dados obtidos para cada safra foram submetidos ao teste F para análise de variância e ao LSD para a comparação de médias, a 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise de crescimento

6.1.1 Índices biométricos

O rendimento das culturas é função de vários fatores, dentre eles a radiação solar, a capacidade da planta em interceptá-la, a arquitetura da planta, sua capacidade na absorção e translocação de nutrientes, condições meteorológicas como temperatura, precipitação etc. (BENINCASA, 1988 e TEI et al., 1996).

Sendo a folha o centro de produção de carboidratos que irá suprir os órgãos vegetativos e reprodutivos, a sua sanidade, e também o número, são fatores essenciais para a garantia de bom rendimento da cultura. Dessa forma atributos como área foliar, massa seca foliar, de colmo, de inflorescência e de espiga podem constituir-se em variáveis importantes que influenciam o desempenho das culturas.

Para efeito de discussão, serão apresentados as Tabelas 4 a 9, onde além dos parâmetros analisados incluiu-se uma comparação com a testemunha (%T), considerando a última coleta do 1º, 2º e 3º anos realizadas aos 79, 89 e 91 DAE, respectivamente.

Os atributos avaliados para desempenho da cultura refletem as condições para o desenvolvimento da planta, como solo e clima além do potencial genético da cultivar. Assim, a comparação entre as safras pode conter os efeitos de melhores condições climáticas ou do solo, como preparo e práticas culturais.

Tabela 4. Valores médios de área foliar (dm^2), para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta (%T).

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23	2,87	1,63	1,68	2,39	1,95	3,59
2	34	15,22	8,29	8,76	14,87	10,42	15,09
3	51	40,26	27,85	26,52	35,24	28,95	37,41
4	65	40,49	30,23	31,18	35,45	34,42	41,12
5	79	43,74	25,25	28,48	30,19	30,13	35,95
% T		173,2	100,0	112,8	119,6	119,3	142,4
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33	37,36	39,67	39,24	44,53	40,46	38,55
2	47	63,70	54,36	57,32	60,61	56,73	59,14
3	61	58,62	47,24	51,67	55,10	51,47	55,81
4	75	54,86	46,65	47,16	45,51	47,75	47,85
5	89	51,42	39,87	40,77	47,41	41,88	47,00
% T		129,0	100,0	102,3	118,9	105,0	117,9
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35	52,50	40,81	47,21	51,97	50,17	53,23
2	49	72,74	67,01	69,77	75,14	69,38	73,93
3	63	62,34	47,56	61,23	64,63	53,95	56,97
4	77	62,74	43,21	48,11	55,39	47,09	53,37
5	91	32,49	30,85	32,82	35,56	31,36	33,74
% T		105,3	100,0	106,4	115,3	101,7	109,4

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

Considerando os resultados para a área foliar (Tabela 4), verificou-se que o tratamento M apresentou maiores médias com relação à T no 1º e 2º anos, com incremento de 73,2% e 29,0%, respectivamente. Dentre os tratamentos orgânicos, destacou-se o C no 1º ano (42,0%) e o V no 2º ano (18,9%) e no 3º ano (15,3%).

No terceiro ano de condução do experimento, quando as melhorias proporcionadas pela adubação orgânica começaram a aparecer, observou-se que os tratamentos orgânicos B, V e C apresentaram médias superiores ao tratamento M para a área foliar. Isto implica em melhores condições para realização da fotossíntese, melhorando o desempenho da cultura.

Outro atributo que expressa o potencial da cultura é a massa seca foliar, cujos resultados são apresentados na Tabela 5. Pode-se observar que em alguns tratamentos, entre a 4ª e a 5ª coletas, há uma redução de valores, isso devido a senescência das folhas da parte inferior do colmo. Isso ocorre devido ao sombreamento e à translocação de nutrientes para os órgãos reprodutivos da planta. Para a produção de massa seca foliar, bem como na área foliar, o tratamento com adubação mineral apresentou os melhores resultados, com incrementos de 61,1% no primeiro ano, 21,2% no segundo ano e 14,5% no terceiro ano em relação à testemunha. Dentre os adubos orgânicos também destacam-se o C no primeiro e terceiro anos, com incrementos de 43,6% e 15,6% respectivamente e o V com incremento de 19,8% com relação à T no segundo ano. No terceiro ano o tratamento C apresentou o melhor desempenho com relação à T, com incremento de 15,6%, superior ao tratamento M (14,5%). Cabe observar que em todos os anos os adubos líquidos sempre apresentaram resultados inferiores aos demais, provavelmente pela alta diluição em água dos componentes sólidos do esterco, que mesmo aplicado em grande volume, se distribuem melhor e mais uniformemente pela área, dificultando seu aproveitamento pela cultura. Apesar disso, observa-se pelos dados do Tabela 5 que ambos os fertilizantes líquidos apresentaram médias crescentes com o passar dos anos.

Tabela 5. Valores médios para massa seca foliar (g pl^{-1}) para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta.

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23	1,00	0,46	0,53	0,74	0,57	1,13
2	34	6,23	3,13	3,32	5,71	3,66	5,88
3	51	23,79	15,75	14,45	20,03	16,96	21,87
4	65	24,85	18,37	18,46	21,71	21,51	25,13
5	79	30,89	19,37	21,16	23,21	20,54	27,53
% T		161,1	100,0	110,4	121,1	107,2	143,6
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33	26,80	27,45	27,11	28,82	24,88	26,70
2	47	50,48	47,21	46,79	49,66	46,43	47,96
3	61	47,67	43,15	45,48	46,01	45,24	48,14
4	75	49,70	46,79	44,56	46,64	45,09	46,05
5	89	52,42	43,26	45,38	51,82	45,70	50,14
% T		121,2	100,0	104,9	119,8	105,6	115,9
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35	28,36	22,06	24,33	27,90	26,46	27,53
2	49	46,00	37,39	38,59	42,25	39,84	41,17
3	63	39,46	36,04	37,78	41,45	36,48	35,93
4	77	63,86	53,03	54,48	60,48	55,27	63,03
5	91	59,34	51,81	54,98	56,72	53,27	59,91
% T		114,5	100,0	106,1	109,5	102,8	115,6

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

Acredita-se que se a aplicação dos adubos orgânicos fosse localizada o desempenho seria diferente, uma vez que no tratamento M, a distribuição do fertilizante foi realizada na linha de semeadura. Sabe-se que os adubos orgânicos produzem melhorias nas condições físicas química e biológicas do solo que vão se acentuando com passar dos anos (Kiehl, 1985), refletindo-se no melhor desempenho da produção vegetal (LIMA et al., 2004 ; GHOSH et al., 2004a e b).

Os valores de massa seca de colmo são apresentados no Tabela 6, onde pode-se comparar os ganhos percentuais obtidos com relação a testemunha, no decorrer de três anos de experimento. Salienta-se as reduções nas percentagens obtidas ano a ano em relação à testemunha, com exceção ao tratamento B. O tratamento M apresentou maior percentual no primeiro e segundo anos de condução do experimento em relação à testemunha de 64,6% e 18,2 %, respectivamente. Dentre os tratamentos orgânicos, destaca-se o C com 51,3% no primeiro ano e 24,0% no terceiro ano e o tratamento V no segundo ano (14,9%). Os tratamentos E e B foram os que apresentaram os menores incrementos em relação à testemunha no segundo e terceiro anos. Provavelmente isso possa ter ocorrido pela translocação de nutrientes do colmo para os órgãos reprodutivos da planta (espiga e inflorescência), o que pode ser constatado pelo decréscimo entre a 4^a e 5^a coletas.

No terceiro ano, novamente, o tratamento C apresentou o melhor desempenho com relação à T, com incremento de 24,0% superior ao desempenho do tratamento M (19,2%).

Na fase de formação da espiga e enchimento de grãos, a planta direciona a grande maioria dos fotoassimilados para esse órgão, inclusive com maior translocação de nutrientes das próprias reservas das folhas e do colmo (BENINCASA, 1988; PORTES et al., 2000 e ROSA et al., 2004).

No Tabela 7 são apresentados os resultados de massa seca de espiga (MSE), composta pela massa seca do sabugo, grãos e palha.

Neste atributo o tratamento M mais uma vez destacou-se no primeiro e segundo anos de condução do experimento, com incrementos em relação à T de 99,9% e 68,2 %, respectivamente. Dentre os tratamentos orgânicos, destaca-se novamente o C com 51,9% no 1º ano e 42,6% no terceiro ano e o tratamento V no segundo ano com 42,7%. Os tratamentos E e B foram os que apresentaram os menores valores percentuais nos três anos de estudo.

Tabela 6. Valores médios de massa seca de colmo (g pl^{-1}) para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta (%T).

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23	0,58	0,25	0,29	0,40	0,32	0,73
2	34	2,69	1,28	1,39	2,02	1,56	2,57
3	51	22,97	12,48	11,79	17,73	15,94	19,98
4	65	36,68	27,50	26,87	31,15	30,62	38,56
5	79	52,94	32,16	35,01	38,01	36,89	48,67
% T		164,6	100,0	108,9	118,2	114,7	151,3
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33	19,83	20,04	19,67	21,03	19,6	19,64
2	47	49,80	42,83	42,28	48,52	42,16	46,84
3	61	66,88	58,16	65,86	65,71	61,18	67,69
4	75	77,07	71,48	71,67	70,70	70,55	71,07
5	89	68,77	58,19	54,12	66,87	58,59	66,06
% T		118,2	100,0	93,0	114,9	100,7	113,5
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35	20,60	13,00	16,81	17,79	17,51	17,74
2	49	59,85	56,40	60,00	62,65	54,50	59,46
3	63	58,82	50,26	58,93	63,58	57,27	57,93
4	77	88,52	71,21	77,74	85,22	77,15	79,50
5	91	83,85	70,33	79,26	76,74	73,91	87,22
% T		119,2	100,0	112,70	109,1	105,1	124,0

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

Tabela 7. Valores médios de massa seca de espiga (g pl^{-1}) para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta (%T).

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23						
2	34						
3	51						
4	65	18,34	13,56	8,48	16,94	16,23	19,91
5	79	79,94	39,98	45,3	46,45	42,94	60,75
% T	79	199,9	100,0	113,3	116,2	107,4	151,9
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33						
2	47						
3	61	25,93	17,00	16,33	22,83	20,30	19,43
4	75	72,02	51,49	49,82	64,74	57,65	60,48
5	89	112,87	67,10	78,02	95,72	83,50	89,96
% T	89	168,2	100,0	116,3	142,7	124,4	134,1
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35						
2	49						
3	63	24,22	17,46	23,22	25,16	20,71	19,70
4	77	121,12	74,30	82,49	101,13	83,51	90,58
5	91	165,38	116,35	133,30	146,62	123,84	165,89
% T	91	142,1	100,0	114,6	126,0	106,4	142,6

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

No terceiro ano, novamente, o tratamento C apresentou o melhor desempenho com relação à T, com incremento de 42,6% desempenho que foi semelhante ao tratamento M (42,1%).

A inflorescência masculina no milho tem papel importante na fecundação da espiga, é normal que após cumprir a sua função, haja redução na sua matéria seca. Essa perda de massa deve-se a dispersão dos grãos de pólen, que após a maturação são arrastados pelo vento. Além disso, com o passar do tempo, ocorre a senescência da raquis o que contribui para a perda de massa da inflorescência.

No Tabela 8 pode-se observar os dados relativos a matéria seca de inflorescência, bem como os percentuais de cada tratamento com relação à testemunha. Ressalta-se que para alguns tratamentos (B e E) o desempenho foi inferior à testemunha, no 2º ano.

O tratamento M destacou-se com incrementos de 47,0%, 10,9% e 11,9% no primeiro, segundo e terceiro anos, respectivamente. Dentre os tratamentos orgânicos, destaca-se o C com 29,5% no primeiro ano e 4,2% no segundo ano e 9,8% no terceiro ano. Os tratamentos E e B apresentaram desempenho inferior à T no 2º ano.

Através da massa seca total (MST), Tabela 9, representada pelo somatório das médias dos parâmetros analisados anteriormente, observa-se a diminuição das porcentagens médias em relação à testemunha. Porém, observa-se também o aumento da MST no segundo ano. Tais observações devem-se provavelmente ao ano agrícola mais favorável à cultura do milho em relação aos outros.

No atributo matéria seca total, o tratamento M destacou-se no primeiro e segundo anos de condução do experimento, com incrementos em relação à T de 78,6% e 37,5%, respectivamente. Dentre os tratamentos orgânicos, destaca-se o C com 49,5% no primeiro ano e 30,7% no terceiro ano e o tratamento V no segundo ano (25,9%). Os tratamentos E e B foram os que apresentaram os menores valores percentuais nos 3 anos de condução do experimento. Pode-se inferir, com relação ao desempenho dos tratamentos E e B que por serem líquidos, apesar de receberem a mesma quantidade de N que os demais tratamentos, outros nutrientes foram adicionados em menor quantidade, o que acarretou em menor desempenho ou ainda, que as perdas de nitrogênio nestes tratamentos tenham sido maiores que nos tratamentos sólidos, levando às plantas a um menor desenvolvimento.

Tabela 8. Valores médios de massa seca de inflorescência masculina (g) para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta (%T).

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23						
2	34						
3	51	2,33			1,59		1,62
4	65	3,76	2,99	3,66	3,33	3,28	4,04
5	79	3,44	2,34	2,54	2,54	2,56	3,03
% T		147,0	100,0	108,6	108,6	109,4	129,5
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33						
2	47	5,47	4,77	4,71	5,30	4,76	5,26
3	61	7,45	6,29	6,60	6,80	6,38	6,76
4	75	7,04	6,61	7,36	7,43	6,42	6,37
5	89	9,57	8,63	8,21	8,69	8,53	8,99
% T		110,9	100,0	95,1	100,7	98,8	104,2
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35						
2	49	5,17			4,90		4,36
3	63	3,86	3,34	3,72	3,91	3,30	3,65
4	77	8,73	7,89	7,70	8,73	7,92	7,75
5	91	6,85	6,12	6,60	6,50	6,33	6,72
% T		111,9	100,0	107,8	106,2	103,4	109,8

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

Tabela 9. Valores médios de massa seca total (g) para plantas de milho no 1º, 2º e 3º anos de condução do experimento e porcentagens relativas à testemunha na última coleta (%T).

1º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	23	1,58	0,71	0,82	1,14	0,89	1,86
2	34	8,92	4,41	4,71	7,73	5,22	8,15
3	51	49,09	29,26	24,28	39,35	33,99	43,47
4	65	83,63	62,42	57,47	73,13	71,64	87,64
5	79	167,21	93,65	104,01	110,41	102,93	139,98
% T		178,6	100,0	111,1	117,9	109,9	149,5
2º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	33	44,59	47,49	46,78	49,85	44,48	46,34
2	47	105,75	94,81	93,78	103,48	93,35	100,06
3	61	147,93	124,60	134,27	141,35	133,10	142,02
4	75	205,83	176,37	173,41	189,51	179,71	183,97
5	89	243,63	177,18	185,73	223,10	196,32	215,15
% T		137,5	100,0	104,8	125,9	110,8	121,4
3º ANO							
COLETA	DAE	M	T	B	V	E	C
1	35	48,96	35,06	41,13	45,69	43,97	45,26
2	49	111,02	93,78	98,57	109,60	98,53	105,00
3	63	126,36	107,10	123,65	134,10	117,76	117,21
4	77	282,23	206,43	222,41	255,56	223,85	240,86
5	91	315,42	244,61	274,14	286,58	257,35	319,74
% T		128,9	100,0	112,1	117,2	105,2	130,7

DAE: Dias após a emergência. M: mineral; T: testemunha; B: biofertilizante; V: vermicomposto; E: esterqueira; C: composto. %T porcentagem com relação ao tratamento testemunha.

No terceiro ano, novamente, o tratamento C apresentou o melhor desempenho em relação a T, com incremento de 30,7% e foi superior ao desempenho do tratamento M com 28,9%.

6.1.2 Índices fisiológicos

6.1.2.1 Área Foliar Específica - AFE

A AFE diminuiu com o tempo, podendo ocorrer oscilações entre as amostragens, devido ao crescimento diferenciado de cada folha. Na Figura 1 (A, B e C) são apresentados os dados de AFE dos tratamentos em função dos DAE, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005 respectivamente.

Segundo Benincasa (1988), considerando-se a massa como uma expressão de volume foliar, o inverso da AFE indica a espessura da folha, sendo denominado de peso específico de folha (PEF). Dessa forma, pode-se concluir que se a AFE declina durante o ciclo da cultura, o PEF aumenta, ou seja, com o amadurecimento da planta, a folha torna-se mais espessa.

Observa-se pela Figura 1 A que a curva que representa o tratamento M está bem abaixo das demais principalmente nas primeiras coletas. Isso indica que as folhas das plantas no tratamento M apresentavam-se mais espessas que as folhas das plantas dos outros tratamentos. A maior espessura das folhas no tratamento M pode estar relacionada à maior disponibilidade de N neste tratamento, uma vez que a testemunha não recebeu adubação e nos tratamentos orgânicos a mineralização do N é mais lenta.

Observando-se as Figuras 1 B e C, é possível observar que as curvas estão bem próximas umas das outras, indicando que as diferenças entre os tratamentos diminuíram com o passar dos anos. No caso dos tratamentos orgânicos devido à disponibilização gradual de N contido nos adubos; no caso da testemunha, originado da mineralização da vegetação nativa, que foi incorporada a todos os tratamentos, mas que deve ter sofrido, no caso dos demais tratamentos, a influência da incorporação ao meio de outras fontes de nutrientes, que interferiram na disponibilidade momentânea de N.

No terceiro ano de condução (Figura 1 C) observa-se um aumento inicial da AFE, o que segundo Rossetto & Nakagawa (2001) está relacionado às alterações morfológicas ocasionadas pela expansão foliar aumentando o índice de área foliar para maior interceptação da radiação solar.

Considerando que a AFE representa o espessamento da folha (BENINCASA, 2003), a redução do índice indica o acúmulo de fotoassimilados pelas folhas para posterior translocação a outros órgãos da planta. Com início da fase reprodutiva ocorre a translocação dos fotoassimilados das folhas, principalmente para as vagens e sementes, assim, a tendência seria o aumento da AFE devido à redução do espessamento da folha, todavia, a redução do índice é contínua em função da senescência, morte e queda das folhas (ZUCARELI, 2005).

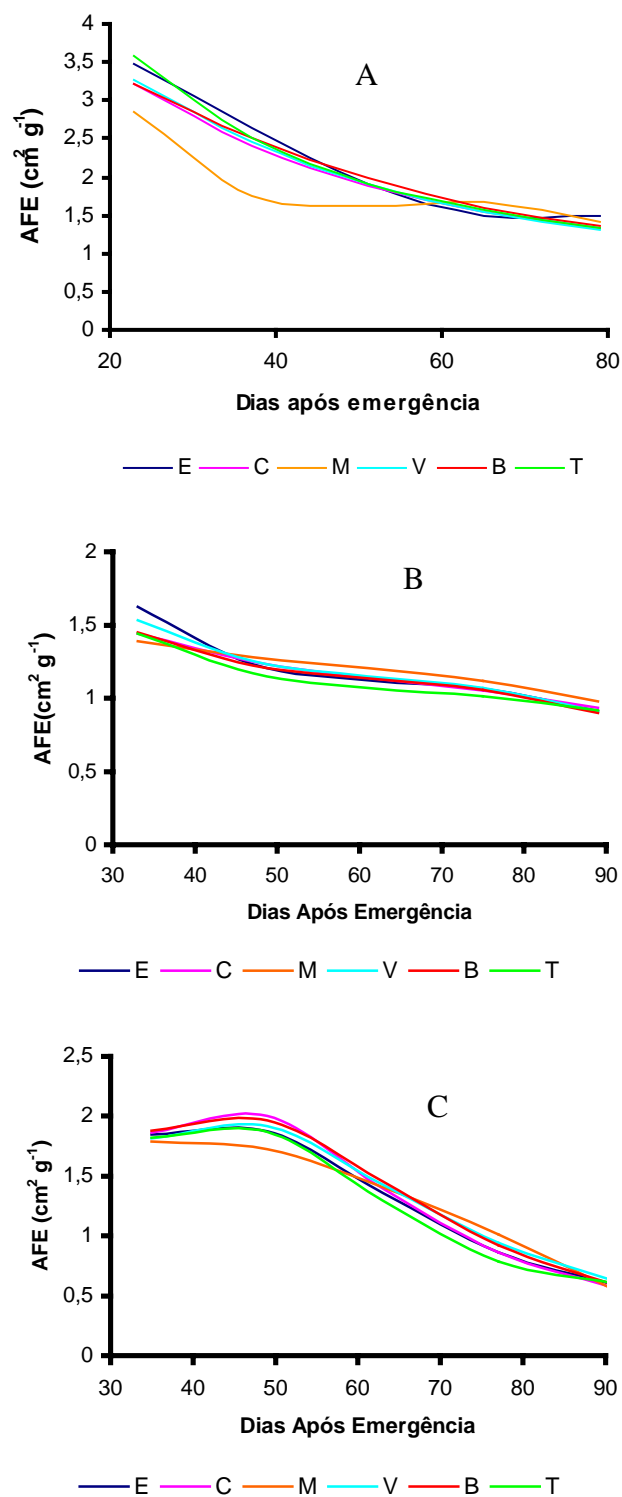


Figura 1. Área Foliar Específica para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002-2003 (A), 2003-2004 (B) e 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.

6.1.2.2 Taxa de Assimilação Líquida - TAL

Segundo Rossetto e Nakagawa (2001), há controvérsias quanto ao comportamento da TAL, pois há relatos de aumento da TAL até uma determinada idade da planta, enquanto outros artigos indicam que não há variação da taxa durante o ciclo. Nas Figuras 2 (A, B e C) são apresentados os dados de TAL dos tratamentos em função dos DAE, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005, respectivamente.

Observa-se pela Figura 2 (A, B e C) um comportamento bem definido da TAL para cada ano agrícola. No primeiro ano, a curva referente ao tratamento B apresentou-se crescente, enquanto todas as demais caíram.

Essa característica diferenciada do tratamento B no 1º ano não foi observada no 2º ano, onde o comportamento de todos os tratamentos foi semelhante, ou seja, houve um crescimento da TAL no início do desenvolvimento da cultura até 60-70 DAE, seguido de queda, atingindo valores negativos para alguns tratamentos como E, C, M e T. Os valores abaixo de zero, mostram que a taxa de fotossíntese líquida não atendeu às necessidades de demanda de carboidratos da planta, sendo dessa forma, necessário uma translocação de nutrientes de outras partes, principalmente das folhas, para suprir suas necessidades básicas. A justificativa para os valores negativos da TAL está na senescência, morte e queda de folhas e partes fotossinteticamente ativas da planta e aumento da atividade respiratória de acordo com os dados obtidos por Brown (1984) e Urchei et al. (2000).

No terceiro ano, três tratamentos apresentaram tendência de aumento da TAL, o M, o C e o B, enquanto o V, o E e a T apresentaram decréscimo. Infere-se pelos resultados obtidos que os tratamentos M, C e B melhoraram seu desempenho quanto a TAL após o terceiro ano de condução do experimento.

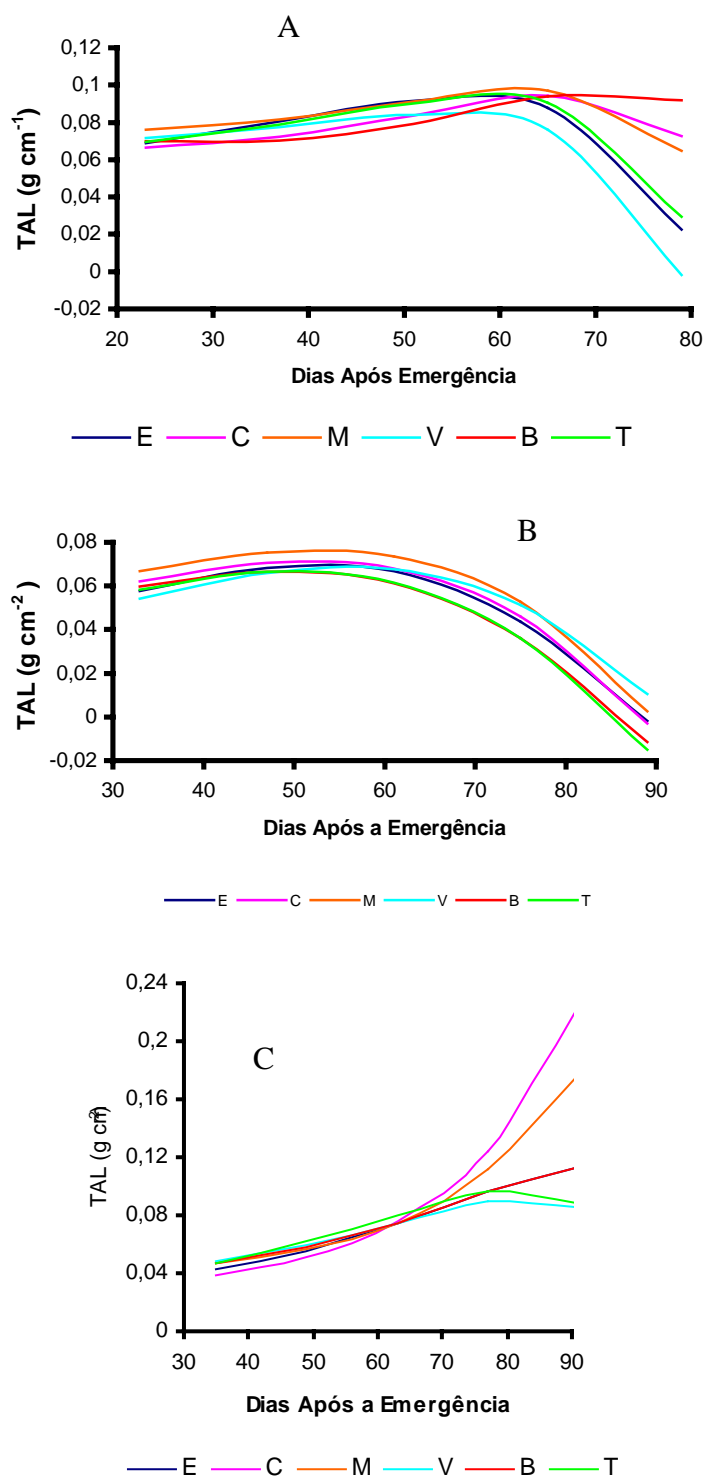


Figura 2. Taxa de assimilação líquida para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002-2003 (A), 2003-2004 (B) e 2004-2005 (C), todas com ajuste quadrático.

6.1.2.3 Taxa de Crescimento da cultura – TCC

Na Figura 3 (A, B e C) são apresentados os dados de TCC dos tratamentos em função dos DAE, nas safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005 respectivamente.

A TCC indica o incremento de fitomassa da planta (parte aérea) entre duas amostragens. Observa-se na Figura 3A que os tratamentos M, B e V resultaram em ganho mais estável de material durante o tempo, enquanto os demais tratamentos após 60 DAE iniciam diminuição abrupta da TCC.

No segundo ano, os tratamentos M, V e C apresentam aumento da TCC na última coleta, enquanto os tratamentos E, B e T apresentam diminuição. A baixa taxa de crescimento sob condições de estresse pode ser uma adaptação da planta, pois um crescimento lento leva a uma menor demanda e a uma menor exaustão dos recursos do ambiente, com isso ocorreria uma menor incorporação de fotossintatos e nutrientes, permitindo a formação de reservas dentro da planta (ARAÚJO et al., 2002).

No terceiro ano de condução do experimento, o tratamento C apresentou curva de TCC crescente diferindo dos demais, as quais apresentam menores crescimentos relativos só na última coleta. O comportamento diferenciado da TCC nos três anos de condução do experimento pode ser causado por vários fatores, uma vez que esta depende do clima, das condições físicas do solo e de fertilidade, entre outros. Segundo Fontes et al. (2005) valores diferentes na TCC podem ser causados por diversos fatores entre os quais variedade, densidade de plantio, manejo, condições ambientais, entre outras. Rosa et al. (2004) afirmam que as TCC's do capim braquiária nos sistemas consorciados de plantio foram inferiores em relação ao sistema solteiro, sendo que o estilozante contribuiu de forma mais expressiva para a redução dessa taxa.

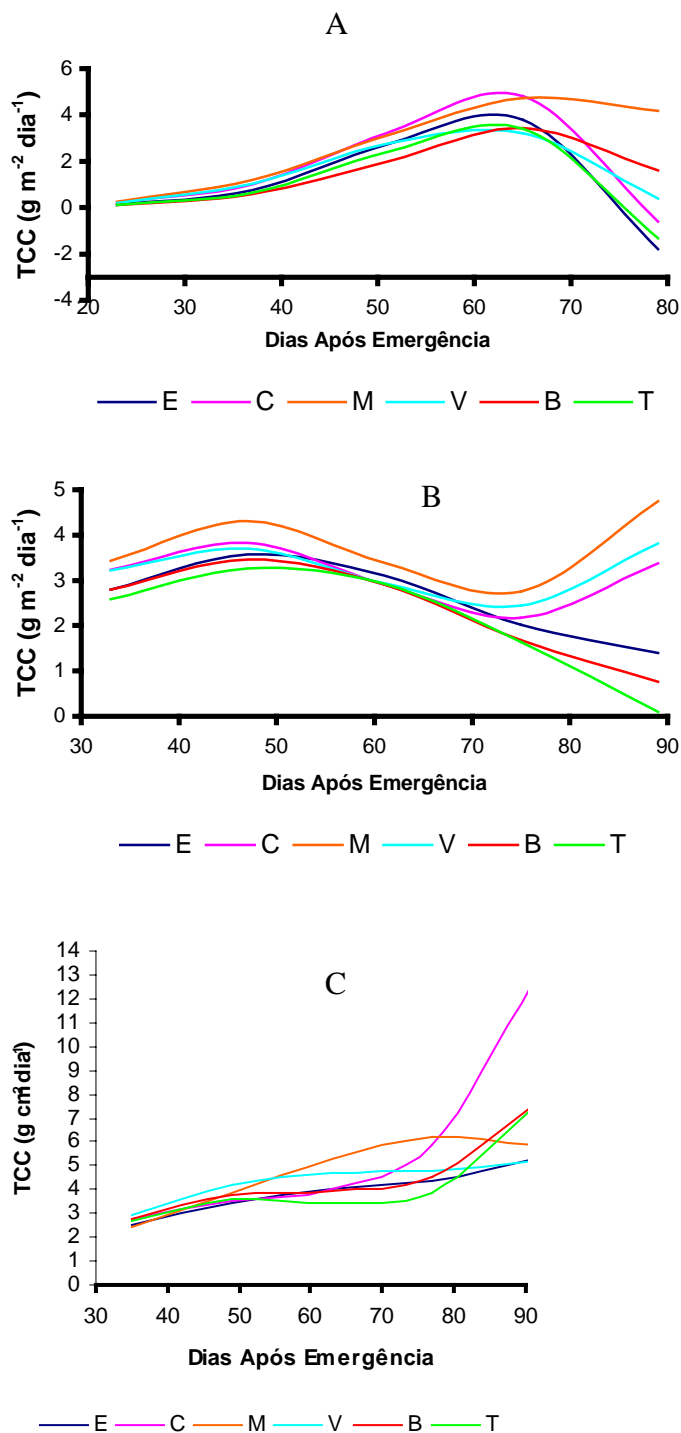


Figura 3. Taxa de Crescimento da Cultura para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.

6.1.2.4 Taxa de Crescimento Relativo – TCR

A TCR depende do material pré-existente e indica o incremento de massa seca em relação a quantidade de material existente. As Figuras 4 (A,B e C) representam graficamente o comportamento da TCR nas safras de 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005, respectivamente.

Observa-se na Figura 4 A um decréscimo da TCR em todos os tratamentos. O decréscimo da TCR deve-se ao aumento da massa seca da planta, ocasionada pelo acréscimo de componentes estruturais que não contribuem para o crescimento, por não serem fotossinteticamente ativos (RODRIGUES, 1982); e também devido a elevação da atividade respiratória e auto sombreamento, cuja importância aumenta com o avanço do ciclo fenológico da planta (URCHEI et al., 2000). Segundo Brown (1984) a senescência e queda das folhas e a morte de gemas também explicam o decréscimo e os valores negativos da TCR observados no final do ciclo da planta. Brown (1984) atribui, ainda, esse comportamento ao auto sombreamento e ao aumento da idade das folhas da base da planta.

No segundo e terceiro anos, entretanto, observou-se para alguns tratamentos o incremento da TCR na última coleta nos tratamentos M, V e C no segundo ano e C, T e B no terceiro ano. Os aumentos observados neste trabalho, provavelmente tiveram a influência de outros fatores fisiológicos não determinados. Paponov et al., (1999) trabalhando com adição de N nas culturas de centeio, trigo e triticale relacionou TCR com as taxas relativas de absorção de N, encontrando valores crescentes de TCR para todas as culturas.

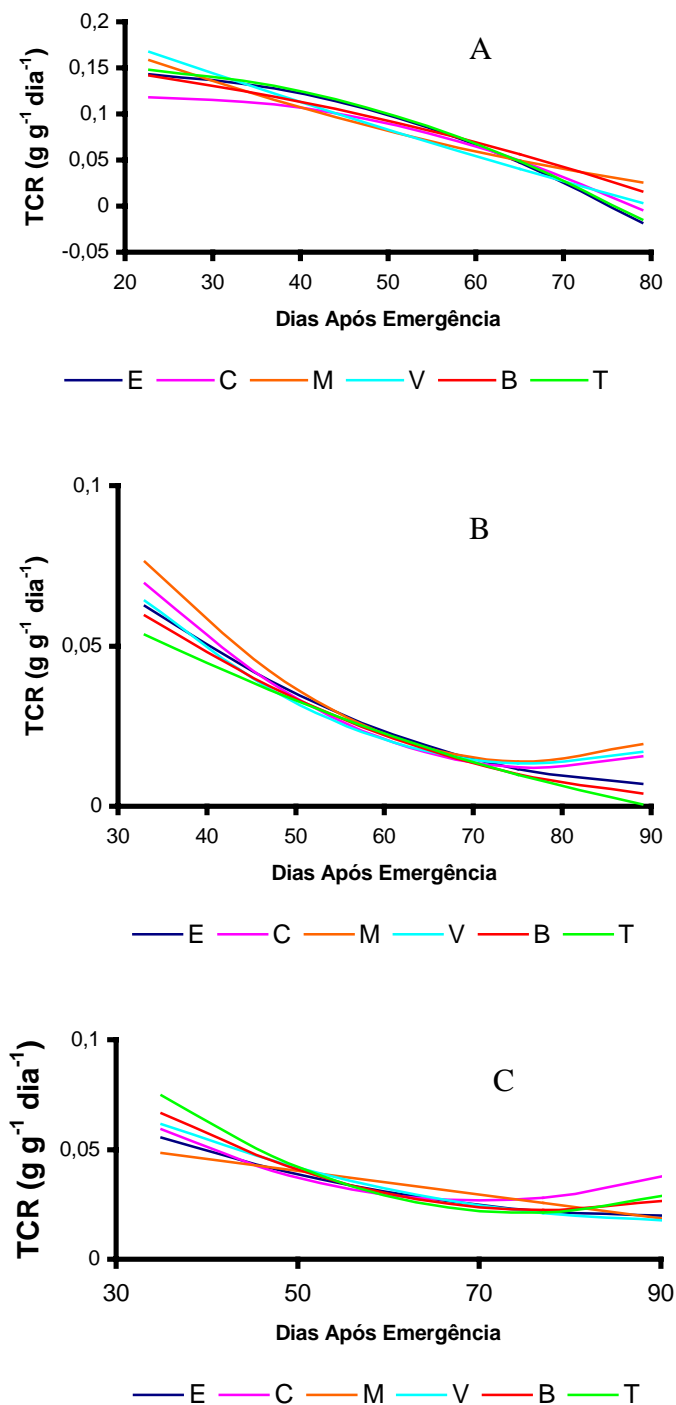


Figura 4. Taxa de Crescimento Relativo para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.

6.1.2.5 Índice de Área Foliar – IAF

O IAF conceitualmente é a relação entre a AF e a área de solo sombreada pelas folhas. Dessa forma, o IAF, torna-se uma medida difícil de ser determinada, principalmente no início do desenvolvimento da planta, por causa do movimento de rotação da terra que faria a área sombreada variar durante o dia. Assim, o IAF geralmente é determinado a partir da relação entre AFT (área foliar total) e área de solo disponível para a planta, no caso de culturas agrícolas (BENINCASA, 1988).

Os valores de IAF obtidos durante as safras 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005 estão apresentados nas Figuras 5 (A,B e C), respectivamente.

O tratamento M destaca-se nos três anos, seguido do tratamento C no 1º ano e V no segundo e terceiro anos.

Nos valores de IAF obtidos, observa-se grande diferença entre o primeiro ano e os demais. No primeiro ano, os valores variam de aproximadamente 0 à 40, enquanto no segundo ano a primeira coleta apresenta valores em torno de 40 e atinge valores em torno de 60. No terceiro ano os valores variam de 40 a mais de 70. Isto pode estar relacionado às melhorias nas condições de solo e clima que favoreceram o desenvolvimento das plantas. A comparação dos valores de IAF obtidos neste trabalho com outros onde se cultivou milho não foi possível por não encontrar na literatura resultados semelhantes. Outros autores determinaram o IAF em diferentes culturas. Fontes et al., (2005) trabalhando com pimentão encontraram valores de IAF máximo de 9,056 cm², aos 224 dias após transplante. O IAF ótimo corresponde ao período que a planta atinge a máxima TCC (BENINCASA, 1988). Tei et al. (1996) trabalhando com três culturas, alface, alho e beterraba, encontraram IAF's iniciais de 0,38 cm², 0,77 cm² e 0,73 cm², para alface, cebola e beterraba respectivamente. Enquanto os valores máximos ficaram em 12,7 cm² para a alface no final do ciclo; 3,2 cm² para o cebola (aos 91 DAE) e 4,8 cm² para a beterraba (aos 106 DAE). Portes et al. (2000) trabalhando com braquiária consorciada com milho, arroz, sorgo, milheto e plantio de braquiária solteira, encontraram os seguintes valores para as IAF's aos 39 DAE: 0,7 para o arroz; 1,7 para o milho; 2,6 para o milheto e 3,1 para o sorgo.

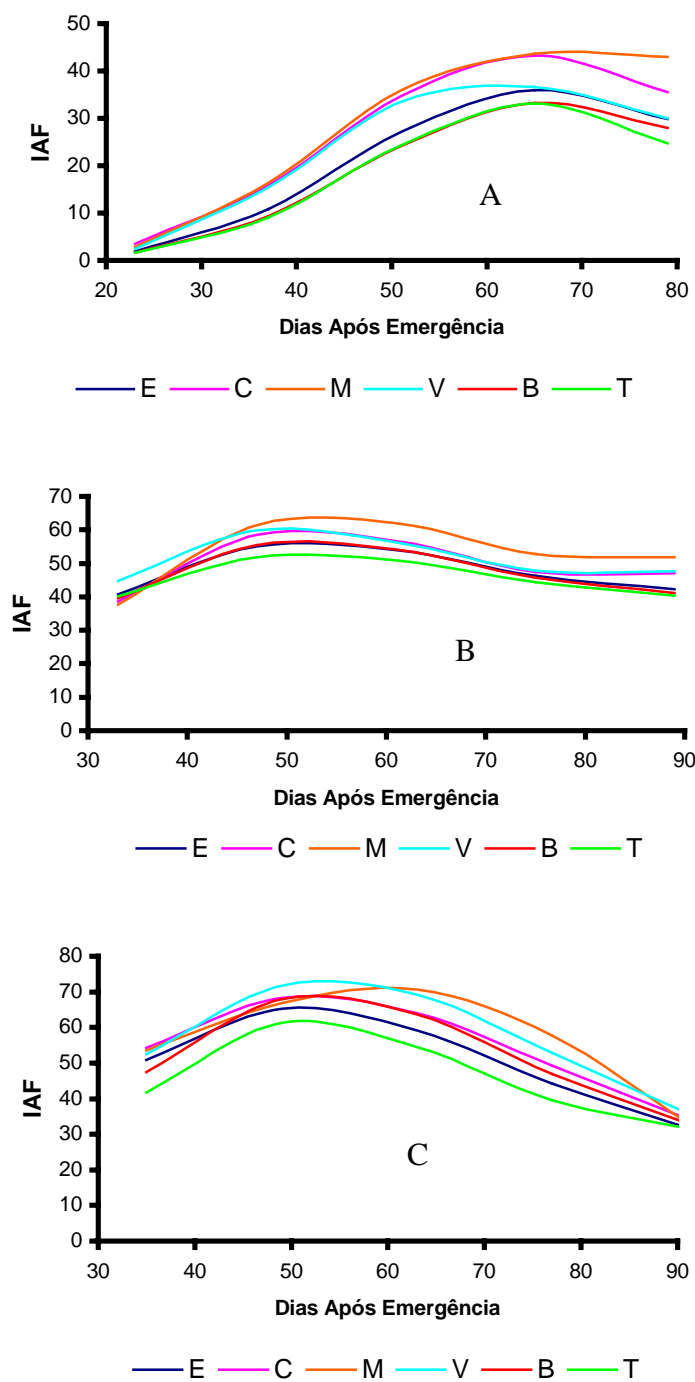


Figura 5. Índice de Área Foliar para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.

6.1.2.6 Razão de Área Foliar – RAF

A RAF é a área foliar necessária para a planta produzir um grama de matéria seca. A RAF decresce com o desenvolvimento da planta. Os dados da RAF são apresentados na Figura 6 (A, B e C). Observa-se que a RAF decresceu nos três anos de experimento fenômeno descrito em vários trabalhos. Porém, Benincasa (1988) relata que em experimentos comparando adubação mineral com orgânica, a RAF variou não linearmente ao longo do ciclo da cultura. Neste experimento a RAF também apresenta regressão quadrática. O aumento da RAF no início do ciclo indica maior conversão dos fotoassimilados em folhas, aumentando a captação da radiação solar disponível, já os decréscimos são decorrentes do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta, como verificou Urchei et al. (2000) para plantas de feijão.

Os valores obtidos no primeiro ano (Figura 6 A) são bem inferiores aos valores encontrados por Benincasa (1988), para sorgo cultivado sob alta ($1,85 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$) e baixa radiação solar $1,85 \text{ (dm}^2 \text{ g}^{-1})$ na 11^a semana. A redução da RAF em feijoeiro, também foi encontrada por (URCHEI et al., 2000). Fontes et al. (2005), encontraram valores da RAF que variaram de $24,79 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ a $0,22 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ dos 28 aos 182 dias após transplante. Os autores justificaram que o decréscimo na RAF indica decréscimo na quantidade de assimilados destinados a folhas podendo ocasionar redução na TCR. No segundo ano (Figura 6 B) existe uma pequena diferença entre os tratamentos na primeira coleta, que diminui com o desenvolvimento da planta, chegando na última coleta praticamente sem diferenças entre os tratamentos. Segundo Benincasa (1988), a RAF pode ser desmembrada em dois componentes: AFE (área foliar específica) e RPF (razão de peso de folha). Assim, a variação da RAF será uma função de alterações em um ou nos seus dois componentes. Observando os resultados da AFE neste experimento, verificam-se semelhanças entre as curvas da AFE (Figura 1) e da RAF (Figura 6). Na última coleta do terceiro ano os valores finais foram os mais baixos encontrados durante o experimento, devido provavelmente às melhorias físicas, químicas e biológicas do solo que proporcionaram melhor aproveitamento dos nutrientes e maior exuberância do dossel, provocando menor iluminação das folhas inferiores do colmo da planta, interferindo diretamente na RAF, através de outros parâmetros fisiológicos.

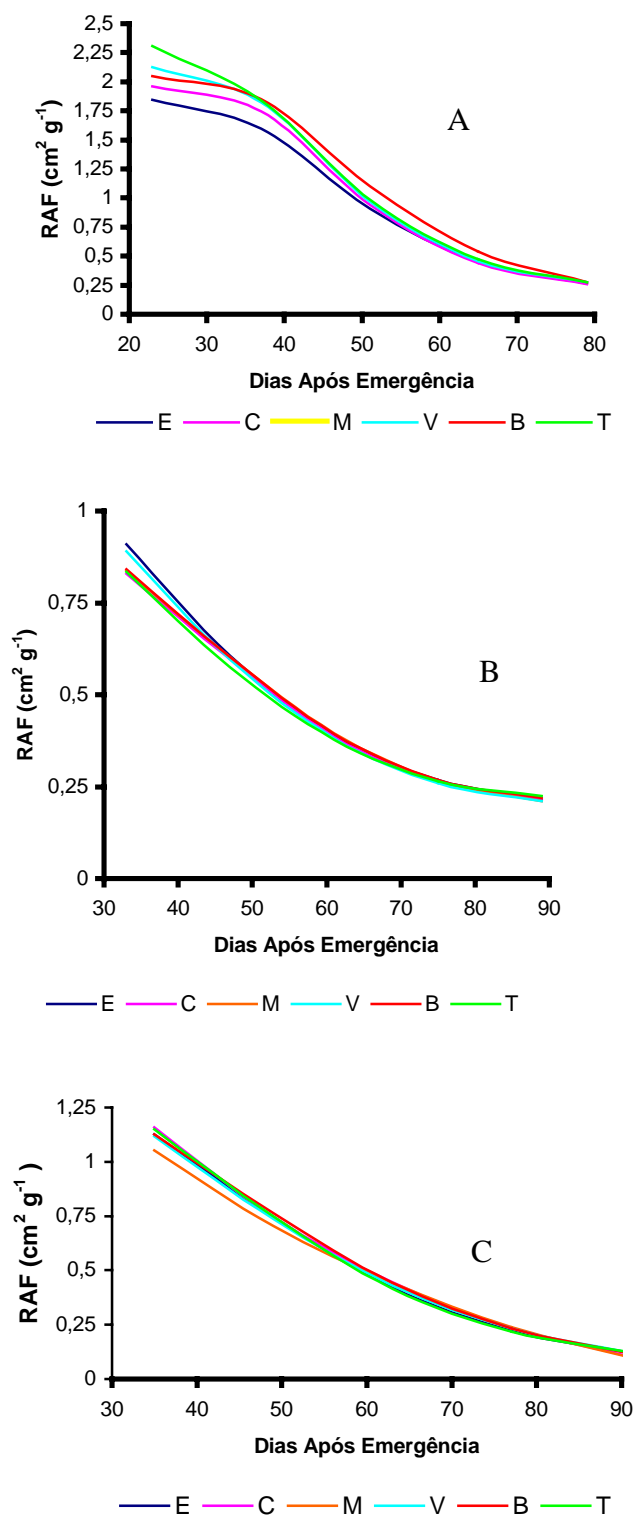


Figura 6. Razão de Área Foliar para a cultura do milho em função da idade das plantas nas safras 2002 – 2003 (A), 2003-2004 (B) E 2004-2005 (C), todas com ajuste cúbico.

6.2 Parâmetros fitométricos e químicos

6.2.1 Índices fitométricos na época de silagem de planta inteira

Na Tabela 10 são apresentados os dados fitométricos obtidos nas três safras do experimento.

Tabela 10. Índices fitométricos da cultura do milho na época de silagem de planta inteira, nas safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005.

SAFRA	TRATAMENTO	ALTURA (cm)	DIÂM. COLMO (mm)	MASSA SECA PLANTA (g)
2002-2003	V	135 ab	18 ab	110 b
	B	130 b	17 b	104 b
	C	142 ab	20 ab	140 ab
	E	135 ab	18 ab	103 b
	M	149 a	21 a	167 a
	T	125 b	17 b	94 b
	MÉDIA	136	18	120
	CV%	8,96	10,61	23,38
	dms	18,40	2,99	42,20
2003-2004	V	180 a	20 a	223 b
	B	172 ab	19 a	186 cd
	C	181 a	19 a	215 bc
	E	171 ab	19 a	196 c
	M	182 a	19 a	244 a
	T	166 b	18 b	177 d
	MÉDIA	175	19	207
	CV%	4,33	3,68	6,47
	dms	11,45	1,05	20,16
2004-2005	V	195 ab	23 a	256 ab
	B	189 ab	22 ab	223 c
	C	197 ab	22 ab	235 b
	E	184 b	22 ab	224 c
	M	201 a	23 a	282 a
	T	172 b	21 b	206 c
	MÉDIA	190	21	238
	CV%	5,37	3,40	7,41
	dms	15,35	1,13	26,52

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na safra 2002-2003 pode-se observar que o tratamento M apresentou os melhores resultados em todos os parâmetros analisados, seguido do C (Tabela 10). Para os demais tratamentos não foram detectadas diferenças significativas, para altura e diâmetro de colmo, porém na massa seca de planta inteira o C apresentou diferença significativa do M e os tratamentos V, B, E, não apresentaram diferenças entre o C e a T. Provavelmente, neste primeiro ano, as condições de semelhança de solo não permitiram grandes diferenças entre os tratamentos. Previa-se maiores médias sob o tratamento M, uma vez que este recebeu uma cobertura com uréia, aos 35 DAE. A grande importância do N no desenvolvimento da cultura do milho é enfatizada por diversos autores (ARGENTA et al., 2003; AMADO et al., 2000).

No segundo ano, safra 2003-2004, não houve diferença significativa para altura de planta entre os tratamentos V, C e M, sendo que o B e E não apresentaram diferenças significativas do T. Para diâmetro de colmo o único tratamento que não se diferenciou da T foi o E, muito embora, não tenha se diferenciado dos demais tratamentos. O tratamento E, por ser o adubo orgânico com o maior teor de água, apresenta seus nutrientes diluídos. Além disso, como foi distribuído em área total da parcela, o aproveitamento desses nutrientes pela cultura torna-se mais difícil, principalmente no início (1º ano), quando as melhorias nas condições de solo ainda não são visíveis. Para a massa seca de planta inteira, o melhor tratamento foi o M, seguido do V e C, os tratamentos B e T não diferiram significativamente.

Ghosh et al. (2004a) trabalhando com cultivo consorciado e solteiro, com adição de esterco de curral, cama de aviário, composto enriquecido com fósforo e doses de NPK, relatam que o esterco de curral e o composto de fósforo melhoraram a nodulação, sendo o N liberado lentamente após decomposição desses esterços. Somando-se a isso os adubos orgânicos promovem um melhor ambiente em termos de propriedades físicas e químicas para a atividade da nitrogenase.

No terceiro ano de cultivo, safra 2004-2005, o tratamento M apresentou o melhor desempenho para altura, porém, não foi estatisticamente diferente dos tratamentos V, B e C. Observou-se médias semelhantes entre os tratamentos E e T e os orgânicos.

Para o diâmetro de colmo maiores médias foram observadas no tratamento V, seguido do tratamento M que não diferiram entre si. Todos os demais tratamentos apresentaram diferença significativa quando comparados a T.

Para massa seca total de planta, o tratamento M novamente apresentou o melhor desempenho, mas não significativamente diferente do V. Os tratamentos B e E não se diferenciaram do tratamento T.

Como se pode observar, no decorrer do experimento, os tratamentos orgânicos (V, B, C e E), incrementaram os valores médios, aparecendo sempre com valores acima da T e aproximando-se ou até ultrapassando o M. Provavelmente isso tenha ocorrido pelas melhorias físicas, químicas e biológicas, ocasionadas pelos tratamentos orgânicos, que permitem melhor ambiente de solo, possibilitando uma melhor nutrição às plantas, como citado por Kiehl (1985), Ghosh et al. (2004a) e Maia e Cantaruti (2004).

6.2.2 Parâmetros químicos na época de silagem de planta inteira

Na Tabela 11 são apresentados os valores de N, C e a relação C/N da planta inteira, nas três safras. A relação C/N é importante, pois ela determina a taxa de decomposição do material. A quantidade de N em uma planta que servirá de alimento para animais, é expressa na forma de proteína bruta (PB). Esse elemento é o responsável pela constituição de novos tecidos no organismo animal. Quanto menor a relação C/N, menor resistência terá o material à digestão. Nesse aspecto, alimentos com baixa relação C/N disponibilizam mais rapidamente seus constituintes.

Analisando todas as safras (Tabela 11), observa-se que a menor relação C/N foi obtida pelo tratamento M (maior conteúdo de N devido à adubação com uréia), sendo que os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si na primeira e segunda safras. Na terceira safra, os tratamentos orgânicos B e E foram iguais entre si e diferentes dos tratamentos V e C, porém iguais ao tratamento T.

Deve-se ressaltar, que as quantidades de N utilizadas, foram iguais em todos os tratamentos (120 kg ha^{-1}), exceto para a testemunha. Porém, a capacidade de disponibilidade de N dos adubos orgânicos variam entre si. Os esterco fornecem nutrientes para os cultivos por vários anos (PRATT et al., 1973).

Tabela 11. Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de planta inteira, na safra 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.

SAFRA	TRATAMENTO	C (g.dm ⁻³)	N	RELAÇÃO C:N
2002-2003	V	53 b	1,0 b	49:1 a
	B	53 b	1,0 b	54:1 a
	C	53 b	1,0 b	53:1 a
	E	53 b	1,0 b	52:1 a
	M	54 a	1,5 a	36:1 b
	T	54 a	1,0 b	55:1 a
	MÉDIA	53	1,1	50:1
	CV%	1,10	18,14	12,16
	dms	0,88	0,31	9,25
2003-2004	V	49	0,9 b	56:1 a
	B	49	0,9 b	57:1 a
	C	50	0,9 b	57:1 a
	E	49	0,9 b	57:1 a
	M	50	1,0 a	47:1 b
	T	50	0,8 b	61:1 a
	MÉDIA	50	0,9	56:1
	CV%	1,29	9,48	7,65
	dms	0,97 n.s	0,13	6,46
2004-2005	V	49	0,9 b	51:1 b
	B	48	0,8 c	62:1 a
	C	49	0,9 b	54:1 b
	E	48	0,8 c	60:1 a
	M	49	1,2 a	41:1 c
	T	48	0,8 c	57:1 ab
	MÉDIA	48	0,9	54:1
	CV%	1,09	7,34	7,95
	dms	0,79 n.s	0,10	6,57

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

6.2.3 Índices fitométricos na época de silagem de grão úmido

A silagem de grão úmido é uma tecnologia relativamente nova no país, dominada ainda por poucos agricultores, mas vem sendo difundida entre os criadores de bovinos (corte e leite), de suínos e de cavalos. A grande vantagem apresentada por essa

tecnologia, seria a antecipação da colheita, permitindo ao produtor a utilização da mesma área com outra cultura.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados fitométricos da cultura do milho na época de grão úmido nas três safras do experimento.

Para o diâmetro de colmo observa-se que o tratamento M apresentou-se igual ao tratamento C no primeiro e segundo anos, sendo que neste último, todos os tratamentos apresentaram-se iguais estatisticamente. No terceiro ano destacam-se os tratamentos C e V que diferiram dos demais. Neste ano, o tratamento M não diferiu estatisticamente dos tratamentos E e T.

Para a massa de 100 grãos observa-se que no primeiro ano, apenas os tratamentos V e B diferiram estatisticamente entre si. No segundo e terceiro anos, os tratamentos V e M diferiram do tratamento T enquanto os demais foram estatisticamente iguais.

Para a matéria seca de planta os tratamentos M e C apresentaram os maiores valores no primeiro ano, não se diferenciando estatisticamente entre si. No segundo ano, o tratamento M diferenciou-se apenas do tratamento B e no terceiro ano, apenas da T.

Embora o tratamento M apresentasse maiores médias na maioria dos parâmetros analisados, os tratamentos orgânicos V, C no decorrer dos anos apresentaram médias crescentes aproximando-se do M, por vezes até ultrapassando seus valores.

O melhor desempenho no segundo ano de cultivo provavelmente tenha relação com outros fatores de ordem climática, como temperatura, radiação solar, umidade do solo e precipitação, cujos dados são apresentados no Apêndice. Tais fatores influenciam o desenvolvimento vegetal como citado por Benincasa, (1988) e Ghosh et al. (2004a) .

Tabela 12. Parâmetros fitométricos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na safra 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.

SAFRA	TRATAMENTO	ALTURA (cm)	DIÂM. COLMO (mm)	MASSA DE 100 GRÃOS (g)	MASSA SECA PLANTA (g)
2002- 2003	V	*	18 a	18 a	88 ab
	B	*	16 b	12 b	72 b
	C	*	19 a	16 ab	106 a
	E	*	19 a	16 ab	96 ab
	M	*	19 a	18 a	105 a
	T	*	17 ab	16 ab	84 b
	MÉDIA		18	16	92
	CV%		8,60	24,94	13,73
	dms		2,35	2,40	19,03
2003- 2004	V	228 a	31	30 a	114 ab
	B	224 a	30	28 ab	103 b
	C	231 a	31	29 ab	127 a
	E	224 a	31	28 ab	116 ab
	M	231 a	31	31 a	140 a
	T	205 b	31	26 b	113 ab
	MÉDIA	224	31	29	119
	CV%	4,28	4,65	9,69	15,74
	dms	22,38	2,18 n.s	4,19	28,22
2004- 2005	V	201 a	24 ab	35 a	74 ab
	B	199 a	24 ab	30 c	73 ab
	C	200 a	25 a	33 b	84 a
	E	187 b	23 b	32 b	74 ab
	M	203 a	22 bc	34 a	93 a
	T	178 c	21 c	29 c	65 b
	MÉDIA	195	23	32	77
	CV%	4,09	5,37	6,88	3,05
	dms	11,99	1,90	1,88	22,0

* Parâmetro não avaliado na safra 2002-2003

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

6.2.4 Parâmetros químicos na época de silagem de grão úmido

Foram avaliados os teores de C e N, bem como a relação C/N da planta na fase de silagem de grão úmido, cujos dados das safras de 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 estão apresentados na Tabela 13.

A colheita realizada nesta fase de desenvolvimento da cultura oferece algumas vantagens, como por exemplo, a quantidade de material que permanece no campo, visto que a única parte exportada são os grãos. A manutenção do material vegetal permite entre outras coisas, a melhoria da matéria orgânica, a reciclagem dos nutrientes contidos nos restos culturais, melhorias nas condições de umidade do solo.

Analisando-se os resultados obtidos, observa-se que para os teores de C não houve muita variação, não havendo diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma safra.

Para o teor de N, as maiores médias foram do tratamento M em todos os anos, embora não tenha diferido dos tratamentos V e C no primeiro ano; C e E no segundo ano e V no terceiro ano .

Para a relação C/N, o tratamento M apresentou o menor valor em todas as safras, embora não tenha diferido estatisticamente do tratamento C no primeiro ano; diferiu estatisticamente apenas do tratamento B no segundo ano e não diferiu estatisticamente do tratamento V no terceiro ano. Altas relações C/N indicam que a liberação dos nutrientes não ocorrerá rapidamente, porém para o animal, o material fibroso (volumoso), é importante por permitir o melhor aproveitamento de outros nutrientes, além de ser muito importante para o trato digestivo dos animais. O teor de proteína na forragem de milho varia entre 6 a 8%, permitindo a seleção de cultivares que produzem forragem mais protéica (NUSSIO, 1990).

Tabela 13. Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na safra 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.

SAFRA	TRATAMENTO	C (g.dm ⁻³)	N	RELAÇÃO C:N
2002-2003	V	50	1,4	36:1 b
	B	50	1,4	37:1 ab
	C	50	1,4	35:1 b
	E	50	1,3	40:1 a
	M	50	1,5	33:1 b
	T	50	1,2	41:1 a
	MÉDIA	50	1,4	37:1
	CV%	0,41	27,11	8,30
	dms	0,31 n.s.	0,48 n.s	4,63
2003-2004	V	50	1,2 b	42:1 ab
	B	50	1,1 b	45:1 a
	C	50	1,3 ab	38:1 b
	E	50	1,3 ab	38:1 b
	M	50	1,4 a	37:1 b
	T	50	1,3 ab	38:1 b
	MÉDIA	50	1,3	40:1
	CV%	1,03	8,59	8,80
	dms	0,78 n.s	0,16	5,30
2004-2005	V	48	1,4 ab	36:1 b
	B	47	1,2 b	41:1 a
	C	47	1,3 ab	38:1 ab
	E	47	1,2 b	43:1 a
	M	48	1,5 a	34:1 b
	T	48	1,2 b	43:1 a
	MÉDIA	48	1,3	39:1
	CV%	2,12	10,96	10,53
	dms	1,59 n.s	0,21	6,23

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na Tabela 14 são apresentados os resultados de C, N e relação C/N da palhada, material que permanece no solo após a colheita do milho para silagem de grão úmido, nas safras de 2002-2003; 2003-2004 e 2004 e 2005.

Tabela 14. Parâmetros químicos da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na palhada, na safra 2002-2003, 2003-2004 e 2004-2005.

SAFRA	TRATAMENTO	C (g.dm ⁻³)	N	RELAÇÃO C:N
2002-2003	V	50	0,4	123:1
	B	50	0,5	101:1
	C	51	0,5	97:1
	E	50	0,4	113:1
	M	50	0,4	110:1
	T	51	0,5	109:1
	MÉDIA	50	0,4	109:1
	CV%	2,10	16,44	22,94
	dms	1,59 n.s	0,12 n.s	38,85 n.s
2003-2004	V	50	0,6	83:1
	B	50	0,5	95:1
	C	50	0,6	92:1
	E	50	0,5	95:1
	M	51	0,6	81:1
	T	50	0,6	89:1
	MÉDIA	50	0,6	89:1
	CV%	1,78	32,52	12,68
	dms	1,36 n.s	0,45 n.s	17,20 n.s
2004-2005	V	48 a	0,6 ab	79:1 b
	B	47 b	0,6 ab	80:1 b
	C	47 b	0,6 ab	81:1 b
	E	47 b	0,6 ab	86:1 ab
	M	48 a	0,7 a	71:1 b
	T	48 a	0,5 b	100:1 a
	MÉDIA	48:1	0,6	83:1
	CV%	0,79	15,01	13,42
	dms	0,57	0,13	17,16

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Em relação aos teores de C, N e relação C:N, observa-se diferença estatística entre os tratamentos apenas no terceiro ano, o tratamento M apresenta os maiores valores para C e N e a menor relação C:N.

6.2.5 Índices fitométricos e produtividade do milho na época de colheita

Na Tabela 15 são apresentados os resultados fitométricos da cultura do milho na época de colheita nas safras de 2002-2003; 2003-2004 e 2004 e 2005.

No primeiro ano do experimento foram determinados apenas os parâmetros diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo e produtividade. Para os primeiros não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para a produtividade de grão, o tratamento M diferenciou-se dos demais estatisticamente, apresentando praticamente o dobro do valor obtido para a T.

No segundo e terceiro ano do experimento as diferenças que surgem entre os tratamentos são: para o parâmetro comprimento de espiga observa-se que o tratamento M apresentou o maior valor, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos V, E e T. No terceiro ano observou-se um aumento geral dos valores, permanecendo o tratamento M com o maior valor porém estatisticamente igual aos tratamentos C e V. Para o diâmetro de espiga, no segundo ano, observaram-se valores iguais estatisticamente para os tratamentos C, M, V, T e E. O tratamento B apresentou o menor valor, porém não diferiu estatisticamente do tratamento E. No terceiro ano, os tratamentos M e V apresentaram-se iguais estatisticamente, sendo que este último não diferiu estatisticamente dos demais. Para o diâmetro de sabugo, o tratamento M apresentou o maior valor no segundo ano, porém não diferiu dos tratamentos V, C. O menor valor coube ao tratamento B, o qual não diferiu estatisticamente dos tratamentos E e T. No terceiro ano, o tratamento V apresentou o maior valor, estatisticamente igual aos tratamentos C e M, os quais não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

Agronomicamente seria interessante que o diâmetro de sabugo fosse o quanto menor, pois interfere diretamente no peso da espiga. Lacerda (2004), encontrou diâmetros de espigas variando entre os tratamentos de 37,8 a 47,7 mm, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

Tabela 15. Parâmetros fitométricos da cultura do milho na época de colheita, nas safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005.

Safra	Tratam.	Comp. Espiga (cm)	Ø Espiga (mm)	Ø Sabugo (mm)	Nº Fileiras	Nº grãos/ Fileira	Produção (kg/ha)
2002-2003	V	*	45	26	*	*	2699 b
	B	*	43	26	*	*	2427 b
	C	*	45	27	*	*	2638 b
	E	*	44	27	*	*	2678 b
	M	*	44	27	*	*	4331 a
	T	*	44	27	*	*	2209 b
MÉDIA			44	27			2830
CV%			4,04	4,86			13,50
dms			2,70 n.s	1,96 n.s			575,96
2003-2004	V	14 ab	48 a	28 a	16 a	27 b	5173 bc
	B	12 b	44 b	26 b	14 b	25 b	4875 bc
	C	13 b	50 a	28 a	16 a	27 b	6060 ab
	E	14 ab	47 ab	27 ab	15 ab	27 b	5358 b
	M	16 a	48 a	29 a	14 b	33 a	6717 a
	T	15 ab	48 a	28 a	14 b	29 ab	4331 c
MÉDIA		14	48	28	15	28	5419
CV%		11,74	4,53	5,07	5,18	12,32	11,86
dms		2,47	3,26	2,14	1,15	5,25	968,47
2004-2005	V	19 a	48 ab	29 a	15 b	34 a	5210 ab
	B	16 c	47 b	27 b	16 ab	31 ab	5379 ab
	C	20 a	46 b	28 ab	15 b	35 a	5956 a
	E	17 b	46 b	26 b	15 b	32 ab	4642 b
	M	20 a	50 a	28 ab	16 ab	35 a	5997 a
	T	16 c	48 ab	27 b	17 a	27 b	4164 c
MÉDIA		18	48	28	16	32	5225
CV%		6,88	3,05	4,02	6,28	10,96	11,33
dms		1,88	2,20	1,68	1,48	5,39	891,9

* Parâmetros não avaliados na safra 2002-2003

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Os tratamentos que apresentaram o maior número de fileiras, no segundo ano, foram o V e C. Os tratamentos E e M apresentaram valores intermediários e os tratamentos B e T os menores valores. No terceiro ano, a T apresentou o maior número de fileiras, porém estatisticamente igual ao M, o qual não se diferenciou dos demais tratamentos.

Para o parâmetro número de grãos por fileira, o tratamento M apresentou o maior valor no segundo ano, porém estatisticamente igual ao tratamento T, o qual não se diferenciou dos demais. No terceiro ano, os tratamentos M, C e V apresentaram os maiores valores e diferindo estatisticamente apenas do tratamento T.

Quanto à produtividade, pode-se observar o efeito dos cultivos sucessivos com a utilização da adubação orgânica. Enquanto no primeiro ano, apenas o tratamento M apresentou-se estatisticamente diferente dos demais e com a maior produtividade, no segundo ano além das produções terem sido superiores de uma maneira geral, devido a melhores condições climáticas, os tratamentos M e C não apresentaram diferença significativa entre si. Os tratamentos V e B não se diferenciaram entre si e o menor valor foi observado para a T. No terceiro ano, as condições climáticas (Apêndice) não foram tão favoráveis ao desenvolvimento da cultura e uma queda geral da produtividade com relação ao ano anterior foi observada. Observam-se, entretanto que os tratamentos M e C estão mais próximos e não diferiram estatisticamente dos tratamentos V e B, os quais não diferiram do tratamento E. O menor valor de produtividade no terceiro ano foi observado para o tratamento T.

Na Figura 7 está apresentado o gráfico da porcentagem de produção relativa à testemunha (%T) nos três anos de condução do experimento, cujos valores são: V: 122%, 119% e 125%; B: 110%, 113% e 129%; C: 119%, 140% e 143%; E: 121%, 124% e 111%; M: 196%, 155% e 144%. Observa-se o aumento em quase todos os tratamentos orgânicos com o passar dos anos em relação à testemunha. Destaca-se, dentre os orgânicos, o tratamento C que no terceiro ano apresentou ganho de produtividade com relação à T praticamente igual ao tratamento M. Este resultado é particularmente importante pois corrobora a afirmação de que os adubos orgânicos dadas suas características de disponibilidade de nutrientes e outras relações enzimáticas, proporciona melhorias nas propriedades do solo de forma gradual porém contínua, corroborando as afirmações de Cassol (1999), Reddy et al. (2000) e Ghosh et al. (2004b).

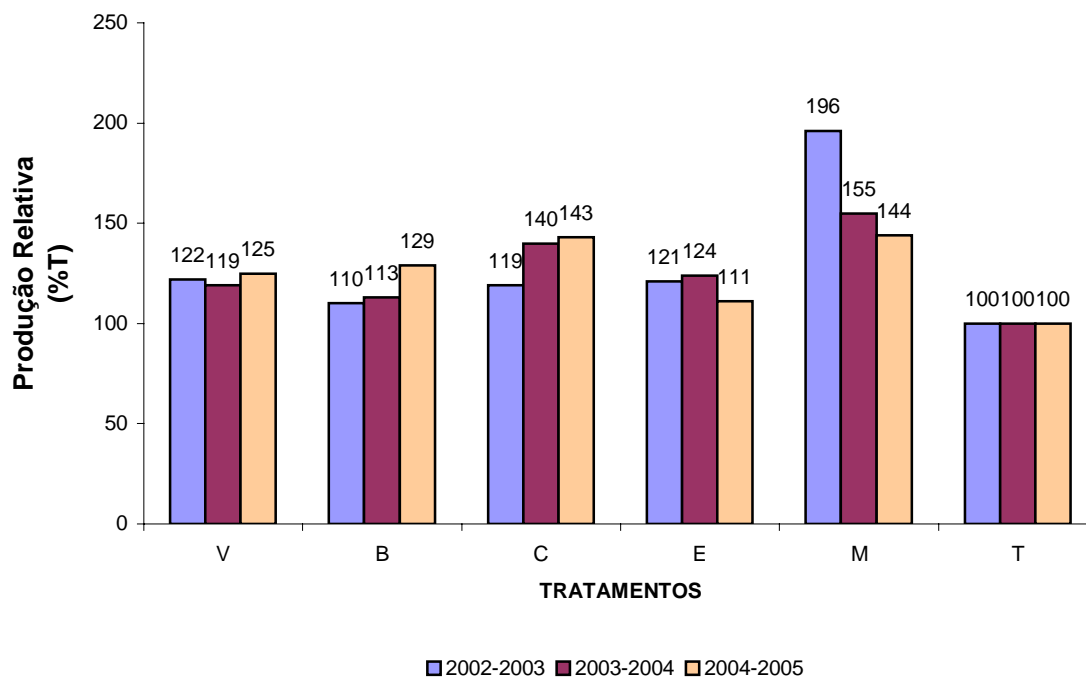


Figura 7. Porcentagem de produção com relação à testemunha (100%), em todos os tratamentos, nas três safras.

6.3 Composição química e bromatológica da planta no terceiro ano

6.3.1 Silagem de planta inteira

6.3.1.1 Teores de nutrientes

Na Tabela 16 são apresentados os resultados da análise química da planta na época de silagem de planta inteira na safra 2004-2005.

Tabela 16. Teores de nutrientes em plantas de milho na época de silagem de planta inteira, na terceira safra (2004-2005), em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

TRAT	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
V	1,7 a	14,8 a	2,0	1,9	0,8 a	20,5 ab	2,3	201,0 ab	35,8	13,0 ab
B	1,3 b	13,5 ab	2,3	1,8	0,7 a	25,3 a	2,3	218,3 ab	32,0	12,0 b
C	1,7 a	14,8 a	2,3	1,8	0,7 a	22,5 ab	2,0	221,8 a	36,0	13,3 ab
E	1,2 b	13,3 ab	2,3	1,8	0,7 a	21,8 ab	2,0	243,5 a	40,5	12,5 b
M	1,3 b	12,8 ab	2,3	1,9	0,7 a	17,5 b	2,5	161,5 b	39,8	11,8 b
T	1,2 b	12,5 b	2,0	2,0	0,6 b	22,5 ab	2,0	239,0 a	36,5	14,5 a
MÉDIA	1,4	13,6	2,2	1,9	0,7	21,7	2,2	214,2	36,8	12,8
CV%	11,3	9,85	16,85	10,0	14,32	16,69	16,14	18,63	19,52	9,54
dms	0,50	2,01	0,55 ns	0,31 ns	0,14	5,45	0,53	60,13	10,81 ns	1,85

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

A composição química da planta contém informações importantes sobre seu valor nutritivo. A aplicação sucessiva de adubação orgânica e mineral por três anos refletiu na composição química da planta como pode ser observado na Tabela 16.

Os teores de fósforo foram maiores para os tratamentos orgânicos V e C, que diferiram dos demais tratamentos. Em experimento onde se estudou a eficiência relativa ao superfosfato triplo comparado aos esterco de bovino de leite e de frango, Cassol (1999) observou que no experimento de campo a eficiência imediata dos esterco de bovino e de frango foi de 0,70 e 0,67, respectivamente. A eficiência do esterco de bovino apresentou variação de 0,87 a 0,98, enquanto o de frango de 0,78 a 0,85. O autor concluiu que os estrumes apresentaram eficiência semelhante ao adubo solúvel quando os efeitos imediato e residual foram somados. Reddy et al. (2000), trabalharam com fósforo e esterco de gado e concluíram que aplicação anual de esterco aumentou a fração do fósforo orgânico em todos os tratamentos.

Os tratamentos V e C também apresentaram os maiores teores de potássio, porém não diferiram estatisticamente dos tratamentos B, E e M. O menor valor foi observado para o tratamento T. Os teores de cálcio, magnésio e enxofre foram estatisticamente iguais para todos os tratamentos.

Dentre os micronutrientes os elementos para os quais se observou diferença significativa entre os tratamentos, foram: boro, ferro e zinco. Para o boro o tratamento B apresentou o maior valor, diferindo apenas do M. Os maiores teores de ferro foram observados nos tratamentos E, T e C, os quais não se diferenciaram dos tratamentos V e B. O tratamento M apresentou o menor valor. O maior teor de zinco foi encontrado no tratamento T, que diferiu estatisticamente dos tratamentos B, E e M. Resultado semelhante para zinco foi encontrado por Lacerda (2004).

6.3.1.2 Composição bromatológica

Tabela 17. Análise bromatológica de plantas de milho na época de silagem de planta inteira, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

TRAT	FB	EE	MM	PB	FDN	FDA	ENN	NDT
					%			
V	25,1	1,7 b	3,0	5,4 b	58,4 b	31,5 ab	64,7 ab	63,4 b
B	24,1	1,4 b	3,1	4,9 c	59,7 b	34,8 a	66,4 a	63,2 b
C	25,0	1,5 b	3,0	5,9 ab	59,1 b	31,3 ab	64,5 ab	63,2 b
E	25,3	1,4 b	2,9	4,6 c	58,5 b	31,8 ab	65,7 ab	62,8 b
M	24,2	2,3 a	2,8	6,9 a	61,8 a	30,1 b	63,8 b	65,5 a
T	24,7	1,3 b	2,9	4,6 c	59,9 b	31,3 ab	66,4 a	62,9 b
MÉDIA	24,7	1,6	3,0	5,4	59,6	31,8	65,3	63,5
CV%	3,81	22,82	12,43	10,47	2,15	8,99	2,06	1,38
dms	1,42 ns	0,56	0,55 ns	0,85	1,93	4,31	2,02	1,32

FB: Fibra Bruta; EE: Extrato Etéreo; MM: Material Mineral; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; ENN: Extrato Não Nitrogenado (Carboidratos); NDT: Nutrientes Totalmente Digeríveis.

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

A composição bromatológica do alimento permite inferir sobre seu potencial nutritivo. Observa-se pela Tabela 17 que apenas nas análises de FB e MM não houveram diferenças significativas entre os tratamentos.

Os valores de extrato etéreo (EE) ou gordura bruta expressam a porcentagem de gordura do material, e é útil para quantificar energia. Os materiais com altos teores de gordura têm altos valores de NDT (nutrientes digestíveis totais), pelo fato das gorduras fornecerem 2,25 vezes mais energia quando comparadas com os carboidratos e proteínas (SILVA e QUEIROZ, 2002). Observa-se que o valor de EE para o tratamento M apresentou-se significativamente maior que os demais tratamentos. O menor valor encontrado foi para o tratamento T, embora este não tenha diferenciado de todos os tratamentos orgânicos.

O termo proteína bruta (PB) envolve grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas muito diferentes (SILVA e QUEIROZ, 2002). Neste parâmetro os tratamentos M e C apresentaram os maiores valores e não diferiram estatisticamente entre si, sendo que o tratamento C não se diferenciou do tratamento V. Os menores valores, estatisticamente diferentes dos demais tratamentos, foram observados nos tratamentos B, E e T.

O teor de Fibra em detergente Neutro (FDN) expressa a porcentagem dos principais componentes da parede celular das plantas (celulose, hemicelulose e lignina), proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular, e Fibra em Detergente Ácido (FDA) é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen (SILVA e QUEIROZ, 2002). Para FDN o tratamento M apresentou o maior valor, significativamente diferente dos demais tratamentos. Linhagens de milho que apresentam alta degradabilidade, normalmente possuem baixa porcentagem de FDN, pois tal característica representa uma porção da parte não digestível da forragem, afetando a degradabilidade das mesmas (FONSECA, 2000 e GOMES, 2003).

Para FDA, o maior valor foi observado para o tratamento B, o qual não apresentou diferença estatística dos demais tratamentos, à exceção do M, menor valor.

Para os extrativos-não-nitrogenados (ENN) que representam todos os componentes que não contem nitrogênio em sua composição, o que indiretamente pode ser uma estimativa dos carboidratos, principalmente os carboidratos de mais fácil digestão, ou seja, os amidos e açúcares, os tratamentos B e T apresentaram os maiores valores. Não houve,

entretanto, diferença significativa entre estes tratamentos e os demais tratamentos orgânicos, diferenciando apenas do M, menor valor.

O parâmetro NDT indica o valor energético do alimento. Neste parâmetro, o tratamento M apresentou o maior valor, significativamente superior aos demais tratamentos.

6.3.2 Silagem de grão úmido

6.3.2.1 Teores de nutrientes

Os teores de nutrientes dos grãos irão refletir diretamente na qualidade da alimentação do animal. Na Tabela 18 estão apresentados os teores de macro e micronutrientes encontrados no grão na fase de silagem de grão úmido.

Tabela 18. Teores de nutrientes da cultura do milho na época de silagem de grão úmido, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

TRAT	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
V	3,6 a	4,5 a	0,3	1,3 a	0,9	18,0 a	1,5	25,8 a	5,3 ab	22,8 a
B	1,6 c	2,5 b	0,5	0,8 a	0,8	15,5 ab	1,3	17,5 c	3,0 c	10,5 b
C	3,3 a	4,0 a	0,0	1,2 a	0,9	15,0 b	1,8	23,0 b	5,5 ab	19,0 a
E	2,5 b	4,0 a	0,0	1,1 a	0,8	16,3 ab	1,3	20,3 bc	4,0 b	17,3 ab
M	2,6 b	3,5 ab	0,3	1,1 a	0,9	18,0 a	1,8	25,3 a	5,0 ab	18,5 a
T	2,9 ab	4,3 a	0,3	1,1 a	0,9	16,3 ab	1,5	22,8 b	5,8 a	21,8 a
MÉDIA	2,8	3,8	0,4	1,1	0,9	16,5	1,5	22,5	4,8	18,3
CV%	24,54	18,39	219,1	19,60	8,97	10,16	28,11	28,11	22,19	23,01
dms	1,00	1,05	0,69 n.s	0,31	0,11 n.s	2,53	0,63	0,64	1,59	6,34

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Os teores de fósforo foram estatisticamente superiores para os tratamentos C e V, tratamentos que apresentavam alto teor do elemento no adubo orgânico.

O menor teor de potássio foi obtido no tratamento B, o qual não diferenciou do tratamento M.

Para os elementos cálcio, magnésio, enxofre e cobre não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Os tratamentos V e M apresentaram os maiores valores de boro e ferro.

O maior teor de manganês foi encontrado no tratamento T enquanto o menor foi observado no tratamento B, o qual apresentou também o menor valor de zinco.

De forma geral, pode-se inferir que os tratamentos orgânicos apresentaram desempenho semelhante ou superior ao tratamento M quanto à composição química do grão úmido, ou seja, pode-se substituir a adubação mineral pela orgânica sem prejuízo da qualidade nutricional do produto utilizado para silagem de grão úmido.

6.3.2.2 Composição bromatológica

Quanto à composição bromatológica do grão (Tabela 19) pôde-se observar que para a maioria dos parâmetros os tratamentos orgânicos não diferiram do tratamento mineral e em alguns casos, da testemunha. Os menores valores encontrados foram: 2,40% de FB no tratamento B; 4,12% para EE no tratamento B; 0,56% de MM no tratamento T; 7,16% de PB no tratamento T; 33,62% de FDN no tratamento E; 4,73% de FDA no tratamento E; 79,57% de EE no tratamento M e 82,36% de NDT no tratamento B.

De maneira geral pode-se dizer que os tratamentos B, E e T apresentaram a menor qualidade nutricional do grão úmido se comparados com os outros tratamentos.

Tabela 19. Análise bromatológica de plantas de milho na época de silagem de grão úmido, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

TRAT	FB	EE	MM	PB	FDN	FDA	ENN	NDT
%								
V	2,8 b	5,5 ab	1,3 a	8,7 ab	35,2 b	6,0	81,8 b	84,7 ab
B	2,4 b	4,1 b	0,8 b	7,6 b	40,7 ab	5,1	85,1 a	82,4 b
C	3,4 ab	5,9 a	1,1 ab	7,9 b	43,0 a	5,4	81,7 b	85,1 a
E	3,7 a	6,0 a	1,0 ab	7,6 b	33,6 b	4,7	81,6 b	85,2 a
M	3,8 a	5,9 a	1,2 ab	9,6 a	37,6 ab	5,8	79,6 c	84,9 ab
T	3,2 ab	4,5 ab	0,6 b	7,2 b	37,6 ab	5,1	84,6 a	83,0 ab
MÉDIA	3,2	5,3	1,0	8,1	38,0	5,4	82,4	84,2
CV%	16,24	15,26	27,95	10,64	11,62	21,68	1,75	2,02
dms	0,79	1,23	0,42	1,30	6,65	1,76 n.s	2,18	2,57

FB: Fibra Bruta; EE: Extrato Etéreo; MM: Material Mineral; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; ENN: Extrato Não Nitrogenado (Carbohidratos); NDT: Nutrientes Totalmente Digeríveis.

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

6.3.2.3 Teores de nutrientes na palhada

Na silagem de grão úmido, apenas os grãos são utilizados como alimentação animal, todo o restante da planta, permanece no solo como fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Pela Tabela 20, observa-se que os tratamentos orgânicos apresentaram-se com teores semelhantes ou superiores ao tratamento M. Destacam-se os elementos fósforo e potássio para os adubos orgânicos V e C. Para o elemento zinco, observa-se que o maior valor foi obtido pela T. Malavolta et al. (1997) comenta sobre a clássica “deficiência de zinco induzida pelo fósforo”: altos níveis de P no meio, solo ou solução nutritiva, causam diminuição na absorção de zinco, provocando sintomas de carência na parte aérea pois o nível

do micronutriente no tecido cai abaixo do necessário. Neste caso, pode-se inferir que não foi o tratamento T que apresentou o maior valor, mas sim, que os demais tratamentos, principalmente V e C, cujos teores de fósforo foram altos, apresentaram valores reduzidos em função deste elemento.

Tabela 20. Teores de nutrientes na época de silagem de grão úmido de milho, na palhada, na terceira safra (2004-2005) em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

TRAT	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
V	0,7 a	13,8 ab	2,0	1,9	0,6	25,5 ab	2,3	449,8 b	50,3 a	9,5 b
B	0,5 ab	12,5 ab	2,0	2,0	0,5	31,3 a	2,0	1142,3 a	52,0 a	12,3 ab
C	0,7 a	15,5 a	2,0	2,0	0,6	21,5 b	2,0	670,3 b	52,0 a	9,0 ab
E	0,4 b	14,0 ab	2,0	1,9	0,6	25,3 ab	2,0	574,0 b	49,8 a	11,8 ab
M	0,5 ab	11,5 b	2,3	1,9	0,6	24,8 ab	2,3	377,8 b	49,5 a	9,0 b
T	0,4 b	12,3 ab	2,0	2,1	0,5	27,5 ab	2,0	560,3 b	41,3 a	15,8 a
MÉDIA	0,5	13,3	2,0	2,0	0,6	26,0	2,1	629,1	41,7	11,2
CV%	69,02	16,30	25,16	11,38	21,30	21,75	12,39	39,65	15,13	28,94
dms	0,65	3,26	0,77 n.s	0,11 n.s	0,31 n.s	8,51	0,39 n.s	375,86	11,21	4,89

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na silagem de grão úmido, apenas os grãos são utilizados como alimentação animal, todo o restante da planta, permanece no solo como fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Pela Tabela 20 observa-se que os tratamentos orgânicos apresentaram-se com teores de nutrientes semelhantes ou superiores ao tratamento M. Destacam-se os tratamentos V e C quanto ao conteúdo de fósforo e potássio. Para cálcio, magnésio e enxofre não foram detectadas diferenças significativas. Para o zinco, observa-se que o maior valor foi obtido no tratamento T. Malavolta et al. (1997) comenta sobre a clássica “deficiência de zinco induzida pelo fósforo”: altos níveis de fósforo no meio, solo ou solução nutritiva, causam diminuição na absorção de zinco, provocando sintomas de carência na parte aérea pois o teor

do micronutriente no tecido cai abaixo do necessário. Neste caso, verifica-se que os tratamentos V e C, cujos teores de fósforo foram altos, apresentaram os menores valores para zinco, o que está de acordo com a descrição de Malavolta et al. (1997).

6.4 Análise química de solo

Os teores de macro e micronutrientes nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, nas três safras são apresentados nas Tabelas 21 a 26, respectivamente. Os resultados obtidos serão discutidos em função das diferenças entre tratamentos em cada safra para cada profundidade considerada.

Para os valores de pH do solo, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos em cada safra e nas diferentes profundidades. Entretanto, observa-se uma redução da acidez do solo quando se consideram as médias de todos os tratamentos, em cada camada, ou seja, para uma mesma safra, os valores de pH decresceram em profundidade. O pH ideal (considerando a determinação em água) para o desenvolvimento da cultura de milho está entre 5,5 a 7,5 segundo Primavesi (1985); 5,5 a 7,0 com ótimo em 6,5 segundo Malavolta (1979) e valores médios de 5,1 a 5,5 segundo Raij et al. (2001). Considerando que os valores para pH (CaCl_2 0,01M) são menores que os do pH em água, pode-se inferir que o pH do solo nas parcelas experimentais não foi fator limitante para a cultura do milho.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (1999) trabalhando com composto de resíduo de frigorífico, esterco bovino fermentado em esterqueira e efluente de biodigestor de origem suína, além de adubação mineral e um tratamento sem adubação (testemunha). Ao final de duas safras de milho, não foram observadas diferenças significativas nos valores de pH entre os tratamentos.

Entretanto, os efeitos da adição de adubos orgânicos no aumento do pH do solo foram comprovados por vários autores. Burin (2002) observaram diferenças significativas nos teores de pH após a utilização de cama de aviário e composto de carcaça de aves, comparados à testemunha e ao tratamento onde se utilizou adubo mineral, atribuindo este efeito aos aumentos significativos nos valores de cálcio e magnésio no solo provenientes dos adubos orgânicos utilizados.

Tabela 21. Teores de macronutrientes na camada de 0-10 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRAT	pH	MO	P	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³					mmol _c dm ⁻³			
2002-2003	V	5,3	20,3	11,5 ab	0,8	22,5	1,4	19,8	14,3	35,0	57,8	60,5
	B	5,4	21,3	9,3 ab	0,5	21,0	1,6	17,5	13,8	33,0	54,3	60,5
	C	5,5	21,0	13,8 ab	1,0	21,3	1,8	20,5	14,0	36,0	57,5	62,5
	E	5,3	20,8	6,0 b	0,5	21,5	1,6	16,3	14,3	32,0	53,5	59,5
	M	5,3	18,8	17,0 a	0,5	22,3	1,5	16,5	12,3	29,8	52,3	57,0
	T	5,3	20,3	6,5 b	0,8	22,0	1,6	15,8	13,0	29,8	52,3	57,0
	Média	5,4	20,4	10,7	0,7	21,8	1,6	17,7	13,6	32,6	54,6	59,5
	CV%	10,11	8,84	62,21	72,46	16,00	35,97	20,05	18,58	19,33	8,89	13,13
	dms	0,81 n.s.	2,71 n.s.	10,00	0,73 n.s.	5,24 n.s.	0,88 n.s.	5,35 n.s.	3,80 n.s.	9,49 n.s.	7,31 n.s.	11,77 n.s.
2003-2004	V	5,4	25,8	15,8 b	0,5	21,0	1,7	19,0	13,0	33,8	55,0	61,0
	B	5,6	23,8	10,5 c	0,0	20,0	1,4	21,0	15,3	37,8	58,0	64,5
	C	5,5	25,0	22,3 a	0,0	20,0	1,6	20,8	13,3	35,5	55,8	63,3
	E	5,2	25,0	9,8 c	0,3	22,3	1,4	15,8	12,5	29,8	52,5	56,5
	M	5,3	25,0	10,8 c	0,3	21,0	1,2	17,3	11,8	30,3	51,3	58,0
	T	5,4	24,8	8,3 c	0,0	19,8	1,2	16,8	13,0	31,8	51,5	61,0
	Média	5,4	24,9	12,9	0,4	20,7	1,4	18,4	13,2	33,2	54,0	60,7
	CV%	11,01	8,07	25,15	228,04	13,96	26,29	21,70	24,18	21,51	9,31	12,68
	dms	0,90 n.s.	3,02 n.s.	4,88	0,57 n.s.	4,35 n.s.	0,59 n.s.	6,02 n.s.	4,78 n.s.	10,74 n.s.	7,58 n.s.	11,60 n.s.
2004-2005	V	5,2	18,3	18,0 a	2,0	23,0	1,3	17,0 ab	10,8	29,3	52,0 ab	54,8
	B	5,4	20,0	9,0 b	1,8	19,0	1,1	16,8 ab	11,3	28,8	48,3 ab	60,3
	C	5,3	21,5	20,8 a	1,3	20,8	1,3	20,3 a	11,8	33,3	54,3 a	60,8
	E	5,0	17,0	9,3 b	1,3	24,3	1,3	13,5 b	9,0	23,5	48,3 ab	49,3
	M	5,0	16,5	9,8 b	1,5	24,5	1,0	14,0 ab	8,3	23,3	47,8 b	48,8
	T	5,1	18,8	7,0 b	2,0	23,3	1,0	13,8 b	9,3	24,0	47,5 b	51,0
	Média	5,2	18,7	12,3	1,6	22,5	1,2	15,9	10,1	27,0	49,7	54,2
	CV%	7,34	26,26	24,08	72,45	20,34	23,83	26,27	28,90	25,52	8,11	19,15
	dms	0,57 n.s.	7,39 n.s.	4,46	1,77 n.s.	6,89 n.s.	0,39 n.s.	6,28	4,37 n.s.	10,39 n.s.	6,07	15,62 n.s.

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 22. Teores de macronutrientes na camada de 10-20 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRATAM.	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%
2002-2003	V	4,8	16,0	7,0	1,5	28,8	1,2	11,3	9,8	22,3	50,8	43,3 a
	B	4,8	15,3	6,0	1,0	29,3	1,6	10,3	9,3	20,8	50,0	41,0 ab
	C	4,7	16,0	7,5	1,8	30,5	1,7	10,5	8,3	21,0	51,5	40,5 ab
	E	4,6	14,8	4,5	2,8	29,8	1,3	9,0	8,5	18,8	48,3	38,8 b
	M	4,8	14,3	7,0	1,5	27,5	1,6	11,3	8,5	21,3	49,0	43,5 a
	T	4,7	16,0	4,8	1,1	28,5	1,5	10,5	9,0	21,3	63,3	51,0 a
	MÉDIA	4,7	15,4	6,1	1,6	29,1	1,5	10,5	8,9	20,9	52,2	43,0
	CV%	10,31	10,05	61,13	78,77	20,43	32,93	39,12	34,76	35,05	19,39	18,91
	dms	0,76 n.s.	2,33 n.s.	5,64 n.s.	1,88 n.s.	8,94 n.s.	0,72 n.s.	6,17 n.s.	4,65 n.s.	11,03 n.s.	15,23 n.s.	12,03
2003-2004	V	5,2	18,8	9,5 ab	1,3 a	23,0	1,3	15,5 ab	11,8	28,5	51,8	54,8
	B	5,2	18,0	8,0 b	0,8 ab	23,8	1,1	14,0 ab	12,3	27,0	51,0	53,3
	C	5,3	18,3	12,5 a	0,3 b	22,8	1,3	18,3 a	11,5	31,5	53,8	57,5
	E	5,1	18,5	8,3 b	0,5 ab	23,5	1,1	13,3 b	11,3	25,5	49,3	51,8
	M	5,1	19,0	9,3 b	0,3 b	23,5	1,0	14,0 ab	10,8	25,8	50,0	51,8
	T	5,2	18,3	8,3 b	0,3 b	21,0	1,1	14,0 ab	12,0	27,0	48,3	56,0
	MÉDIA	5,2	18,5	9,3	0,6	22,9	1,2	14,8	11,6	27,6	50,7	54,2
	CV%	5,87	10,0	22,43	98,75	10,24	26,68	22,19	20,89	20,84	10,33	12,01
	dms	0,45 n.s.	2,78 n.s.	3,14	0,81	3,54 n.s.	0,44 n.s.	4,96	3,65 n.s.	8,65 n.s.	7,89 n.s.	9,81 n.s.
2004-2005	V	5,1	21,0	12,5 ab	2,0	22,8	1,0 a	16,5	9,8	27,5	50,3	53,5
	B	5,2	15,3	7,0 b	1,0	21,3	0,9 ab	14,0	10,0	24,8	46,5	53,8
	C	5,3	16,8	19,3 a	2,0	22,0	1,2 a	17,0	9,8	28,0	50,3	56,0
	E	5,0	14,0	7,5 b	1,3	25,0	1,0 a	12,5	8,5	22,3	47,0	46,8
	M	5,1	17,3	8,0 b	1,3	23,0	0,8 b	15,0	9,3	25,0	48,5	51,8
	T	5,1	16,0	6,3 b	2,3	23,5	0,8 b	13,0	9,0	23,0	46,5	49,0
	MÉDIA	5,1	16,7	10,1	1,6	22,9	1,0	14,7	9,4	25,1	48,2	51,8
	CV%	8,03	31,45	51,30	63,80	20,82	19,60	24,54	27,24	23,57	6,54	20,08
	dms	0,62 n.s.	7,92 n.s.	7,80	1,56 n.s.	7,19 n.s.	0,31	5,42 n.s.	3,85 n.s.	8,91 n.s.	4,75 n.s.	15,67 n.s.

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 23. Teores de macronutrientes na camada de 20-30 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRAT	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg	SB	CTC	V%
2002-2003	V	4,4	14,3	4,8 ab	4,8	36,5	0,9	6,5	4,3	11,3	48,3 a	24,5
	B	4,3	14,5	8,8 a	3,3	33,0	1,0	6,8	5,0	13,0	45,8 ab	28,3
	C	4,3	14,3	3,0 ab	3,8	33,5	1,1	6,5	4,5	12,5	45,8 ab	26,8
	E	4,2	13,8	2,3 b	4,8	35,0	1,1	5,0	3,3	9,3	44,3 ab	21,3
	M	4,3	13,3	4,8 ab	4,0	32,3	0,8	5,8	4,0	10,8	42,8 b	24,8
	T	4,3	14,3	5,0 ab	3,0	31,3	0,9	7,8	5,0	13,5	44,5 ab	29,8
	MÉDIA	4,3	14,1	4,8	4,0	33,6	1,0	6,4	4,4	11,7	45,2	25,9
	CV%	10,12	11,82	85,29	41,78	13,41	39,28	39,92	33,09	34,85	6,95	32,99
	dms	0,64 n.s.	2,50 n.s.	6,11	2,47 n.s.	6,79 n.s.	0,57 n.s.	3,84 n.s.	2,16 n.s.	6,15 n.s.	4,73	12,87 n.s.
2003-2004	V	4,5	13,5	8,5 ab	3,8	38,8 a	1,2	7,8	6,3	15,0	53,5 a	27,5
	B	4,5	12,8	7,0 b	3,5	32,8 b	1,1	6,3	5,5	12,8	45,5 b	28,5
	C	4,6	13,3	11,3 a	3,0	32,5 b	1,1	9,3	6,8	17,0	49,5 ab	33,5
	E	4,3	13,8	7,0 b	4,8	34,5 ab	1,2	5,5	4,5	11,0	45,8 b	24,5
	M	4,5	13,5	6,8 b	3,5	32,3 b	1,1	6,8	5,3	13,3	45,0 b	28,8
	T	4,5	14,3	7,0 b	3,5	33,8 ab	1,3	7,5	6,0	14,3	48,3 ab	30,0
	MÉDIA	4,5	13,5	7,9	3,7	34,1	1,2	7,2	5,7	13,9	47,9	28,8
	CV%	11,52	8,26	24,77	45,00	9,87	26,08	43,93	42,70	40,00	9,05	31,88
	dms	0,77 n.s.	1,68 n.s.	2,96	2,49 n.s.	5,08	0,44 n.s.	4,75 n.s.	3,68 n.s.	8,36 n.s.	6,53	13,83 n.s.
2004-2005	V	4,7	12,5 ab	7,0 b	3,0	28,8	0,9 a	10,0	7,3	18,3	47,0	38,5
	B	4,6	10,8 ab	6,3 b	3,0	29,8	0,8 a	8,0	5,8	14,8	44,0	33,3
	C	4,9	14,3 a	11,8 a	1,5	26,8	0,9 a	12,5	6,8	20,3	47,0	42,8
	E	4,7	8,5 b	5,8 b	1,8	28,5	0,9 a	8,8	6,5	16,0	44,5	35,8
	M	4,9	10,3 ab	6,0 b	1,3	25,8	0,8 a	11,3	8,0	19,8	45,8	43,8
	T	4,7	11,3 ab	4,5 b	3,3	28,5	0,5 b	8,3	6,8	15,8	44,3	35,0
	MÉDIA	4,8	11,3	6,9	2,3	28,0	0,8	9,8	6,9	17,5	45,4	38,2
	CV%	10,68	28,00	38,20	71,66	20,36	23,69	38,62	42,36	37,45	6,46	33,30
	dms	0,78 n.s.	4,75	3,96	2,48 n.s.	8,59 n.s.	0,29	5,70 n.s.	4,36 n.s.	9,85 n.s.	4,42 n.s.	19,16 n.s.

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Para os teores de matéria orgânica (MO) observou-se diferença significativa entre os tratamentos apenas na camada de 20-30 cm na última safra. Considerando as médias de todos os tratamentos observou-se diminuição dos teores em profundidade e, para a mesma profundidade, um decaimento no decorrer do experimento. Na camada de 20-30 cm na safra 2004-2005, o tratamento onde se utilizou composto apresentou o maior valor de MO. Este fato pode estar relacionado ao aumento de material vegetal em profundidade (raízes) pelo efeito da adição do composto.

Celik et al. (2004) avaliaram os efeitos da inoculação de micorrizas, de fertilizantes orgânicos e da adubação mineral sobre alterações nas propriedades físicas de um solo no semi árido do Mediterrâneo. Os autores observaram aumentos nos teores de MO com a utilização de composto e de esterco, na dose de 25 t ha^{-1} , em comparação aos demais tratamentos. Como observado neste trabalho, os autores observaram que a concentração de MO na profundidade de 0-15 cm foi maior do que a observada na camada de 15-30 cm. A adição de fertilizantes orgânicos apresentou efeito positivo na profundidade de 0-15 cm comparada à testemunha e à adubação mineral, mas não apresentou efeito na profundidade de 15-30 cm. Os autores relacionam os resultados obtidos com as altas temperaturas ocorridas no período das chuvas, o que estimulou a decomposição da MO, fato similar ao ocorrido nas condições deste experimento (Apêndice I).

Kapkiyai et al. (1999) trabalharam com rotação milho e feijão por 18 anos, avaliando a utilização do fertilizante mineral ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $52 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P), esterco bovino ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e palhada de milho sobre a matéria orgânica do solo e a dinâmica de nutrientes. Os autores concluíram que nenhum dos sistemas de manejo estudados reverteu o declínio da matéria orgânica do solo resultante do cultivo contínuo. Entretanto, o uso de adubos orgânicos em combinação com a manutenção da palhada de milho reduziu as perdas em 49%.

Os teores de fósforo do solo foram os mais afetados pelos tratamentos utilizados. Na camada de 0-10 cm, observou-se um aumento da média geral durante o período experimental. O tratamento onde se utilizou composto destacou-se, apresentando valor de $13,8 \text{ mg dm}^{-3}$ no primeiro ano, $22,3 \text{ mg dm}^{-3}$ no segundo ano e $20,8 \text{ mg dm}^{-3}$ no terceiro ano, sendo que neste ano, os tratamentos C e V foram estatisticamente iguais e

diferiram dos demais. O mesmo comportamento foi observado nas camadas de 10-20 e 20-30 cm.

O fósforo no interior da planta apresenta-se com alta mobilidade, ao contrário do que ocorre no solo onde sua mobilidade é muito reduzida. Os teores de fósforo no solo são considerados muito baixos de 0 – 6 mg dm⁻³; baixos de 7 – 15 mg dm⁻³ e médios de 16–40mg dm⁻³ (RAIJ et al 2001), para culturas anuais.

A composição química do adubo orgânico está relacionada com o tipo do animal a dieta fornecida. Quanto mais rica em nutrientes for a dieta e quanto menor o aproveitamento pelos animais, mais rico serão os dejetos. No caso dos dejetos produzidos por novilhos superprecoces, tem-se pouco material fibroso dada a baixa ingestão de volumoso, e muita proteína e demais nutrientes. Sabe-se que em média, aproximadamente 80% da quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio ingeridos pelos animais adultos é eliminada. Portanto, quando rações concentradas fazem parte da alimentação dos animais, estes produzem esterco ricos nesses elementos (TIBAU, 1983).

Outros adubos orgânicos apresentam composição rica em fósforo, como o composto de carcaça de aves. Burin (2002), observou aumento nos teores de fósforo ao utilizar cama de aviário de 4,25 mg dm⁻³ para 166,95 mg dm⁻³ e de 4,24 mg dm⁻³ para 303,69 mg dm⁻³ ao utilizar composto de carcaça de aves na dosagem de 30 t ha⁻¹ usados em um cultivo de sorgo e dois de feijão.

Kihanda et al. (2005) trabalharam com esterco de caprinos aplicado anualmente por 13 anos nas doses de 0, 5 e 10 t ha⁻¹ no solo. Os autores concluíram que aumentos significativos de fósforo foram causados pelas altas taxas de aplicação de esterco.

Para o alumínio teores menores que 5 mmol_c dm⁻³ são considerados baixos e superiores são considerados altos. No experimento pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos, nos três anos, sendo que todos os resultados ficaram abaixo de 5 mmol_c dm⁻³, portanto em teores não tóxicos às plantas de milho.

Os valores de H + Al encontrados foram iguais estatisticamente para todos os tratamentos, mantendo-se na faixa de 21 a 22,5 mmol_c dm⁻³, valores comumente encontrados nos solos corrigidos com calcário no Brasil.

Os teores de Al⁺³ e H+Al, parâmetros de toxidez do solo, aumentaram durante o período experimental na profundidade de 0-10 cm, quando se considera a média

de todos os tratamentos. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos na profundidade de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, os teores de Al^{+3} , considerando a média de todos os tratamentos, apresentaram-se menores na segunda safra, porém voltaram a aumentar no último ano. Os teores médios de H+Al diminuíram no decorrer do experimento. Observou-se diminuição dos teores de Al^{+3} e H+Al na camada de 20-30 cm.

Silva (1999) observou aumento dos teores de H+Al durante o período experimental no solo em que se utilizaram diferentes tipos de adubação orgânica e mineral. Quanto ao Al^{+3} , não houve variação. Já Burin (2002) observou efeito positivo da adubação orgânica com cama de aviário e composto de carcaça de aves na diminuição dos teores de Al^{+3} . Segundo Bayer e Mielniczuk (1999), a diminuição da toxidez de elementos tóxicos é favorecida por substâncias húmicas pelo seu poder de complexar (quelar) tais elementos.

Observou-se que apesar da utilização de adubos orgânicos houve aumento da toxidez por Al^{+3} , fato que demonstra a necessidade de outras práticas de manejo para promover a melhoria da qualidade do solo, como rotação de culturas e plantio direto.

Para os elementos potássio, cálcio e magnésio, observou-se diminuição dos teores na camada de 0-10 cm, durante o período experimental. Diferenças significativas entre os tratamentos, nessa camada, foram observadas apenas no terceiro ano, para o cálcio. O tratamento C apresentou a maior média, $20,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Este valor, entretanto, é menor que os valores dos anos anteriores para este mesmo tratamento. Para o potássio segundo Rajj et al. (2001), são considerados valores baixos na faixa de $0,8 - 1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e valores médios na faixa de $1,6 - 3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Nas camadas de 10-20 cm e 20-30 cm observou-se diminuição dos teores de potássio e aumento dos teores de cálcio e magnésio. Para o cálcio, observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos na segunda safra, sendo o tratamento C o que apresentou o maior valor médio, $18,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Ramos (1996) avaliou diferentes estratégias de enriquecimento em cálcio de camadas subsuperficiais envolvendo o uso de calcário e gesso, além da aplicação de adubo orgânico e mineral na cultura do milho. O autor verificou que a aplicação de adubo orgânico elevou os teores de potássio em praticamente todas as camadas. Yaduvanshi (2003) também observou aumentos de potássio no solo com a aplicação contínua de adubos orgânicos.

Burin (2002) observou aumentos significativos nos teores de cálcio e magnésio quando utilizou cama de aviário e composto de carcaça de aves nas culturas de sorgo e feijão.

A diminuição dos elementos potássio, cálcio e magnésio, bem como da SB, CTC e V%, na camada de 0-10 cm, mesmo com a utilização de adubação orgânica, pode estar relacionada à práticas agrícolas com monocultura. Derpsch et al. (1991) comentam que as desvantagens da monocultura são a maior susceptibilidade dos cultivos a pragas e doenças bem como o esgotamento do solo. Os autores comentam que esse esgotamento do solo se reflete diretamente na produtividade. Depois do cultivo de soja e tremoço e sem adubação nitrogenada houve considerável aumento no rendimento do milho quando comparado à produção em monocultura e pousio de inverno. Muzilli et al. (1983) citados pelos autores, obtiveram maiores rendimentos de milho em rotação com soja.

Os efeitos benéficos da adição de adubos orgânicos nas propriedades químicas do solo que indicam sua fertilidade são conhecidos e citados na literatura (Kiehl, 1985; Schjonning et al., 1994; Tedesco et al., 1999 e Cassol, 1999). Este trabalho, entretanto, sugere que mesmo com a aplicação de adubos orgânicos por três safras, outras práticas como o plantio convencional e a monocultura contribuíram de forma mais efetiva para a diminuição de alguns elementos e dos índices de fertilidade (SB, CTC e V%).

Nas Tabelas 24 a 26 são apresentados os resultados de micronutrientes no solo obtidos durante o experimento.

Observaram-se aumentos apenas nos teores de zinco no decorrer do período experimental nas três profundidades consideradas. Para os demais micronutrientes observaram-se reduções considerando a primeira e a última safra, em todas as profundidades. O boro apresentou aumento da primeira para a segunda safra, porém houve diminuição na safra seguinte, fato que se repetiu em todas as profundidades. O cobre também apresentou este comportamento na profundidade de 20-30 cm.

Apesar da diminuição dos teores de micronutrientes pôde-se observar diferenças significativas entre os tratamentos para alguns elementos, como no boro, cobre e zinco. No último ano, para o boro, os menores valores foram observados para o tratamento B e o tratamento M, na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm o menor valor foi observado no tratamento B, o qual diferenciou-se apenas do V e do C, que apresentaram os

maiores valores. Para este elemento, na camada de 20-30 cm, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 24. Teores de micronutrientes na camada de 0-10 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRATAM.	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
				mg dm ⁻³		
2002-2003	V	0,16	1,9	55,3	5,7	0,7
	B	0,16	1,9	50,8	5,4	0,5
	C	0,19	1,7	49,3	6,1	0,7
	E	0,15	1,9	48,3	5,3	0,5
	M	0,16	1,7	52,0	6,8	0,6
	T	0,16	1,8	61,0	5,4	0,6
	MÉDIA	0,16	1,8	52,8	5,8	0,6
	CV%	16,17	13,47	20,10	21,36	45,61
	dms	0,04 n.s	0,39 n.s	15,98 n.s	1,89 n.s	0,57 n.s
2003-2004	V	0,30 a	1,5 ab	36,8	5,0	1,0 a
	B	0,20 b	1,6 a	31,8	4,3	0,7b
	C	0,20 b	1,4 b	30,3	4,9	0,9 a
	E	0,30 a	1,6 a	36,0	4,9	0,7 b
	M	0,20 b	1,3 b	32,5	4,9	0,6 b
	T	0,30 a	1,6 a	36,0	4,6	0,6 b
	MÉDIA	0,25	1,5	33,9	4,8	0,8
	CV%	15,78	32,96	21,13	22,74	15,63
	dms	0,06	0,74	10,79 n.s	1,63 n.s	0,17
2004-2005	V	0,13 a	1,50 a	31,5	4,6	1,0
	B	0,10 b	1,38 b	28,0	3,8	0,5
	C	0,13 a	1,33 b	29,0	4,6	0,9
	E	0,13 a	1,50 a	32,5	4,3	0,6
	M	0,11 b	1,30 b	32,8	4,5	0,6
	T	0,12 a	1,38 ab	34,0	3,9	0,5
	MÉDIA	0,12	1,40	31,3	4,3	0,7
	CV%	13,19	31,55	21,28	16,43	43,82
	dms	0,02	0,59	10,04 n.s	1,06 n.s	0,55 n.s

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 25. Teores de micronutrientes na camada de 10-20 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRATAM.	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
				mg dm ⁻³		
2002-2003	V	0,17 b	1,9 a	53,3	4,8 ab	0,4
	B	0,18 a	2,1 a	57,3	4,3 b	0,3
	C	0,19 a	2,2 a	54,8	5,4 ab	0,5
	E	0,19 a	2,2 a	55,0	5,1 ab	0,4
	M	0,17 b	1,8 b	53,5	6,3 a	0,4
	T	0,20 a	2,0 a	46,8	3,8 b	0,3
	MÉDIA	0,18	2,0	53,4	5,0	0,4
	CV%	9,53	10,00	19,19	24,77	235,97
	dms	0,03	0,31	15,45 n.s	1,87	0,34 n.s
2003-2004	V	0,20	1,8	41,0	3,9	0,7
	B	0,20	1,8	37,8	3,6	0,5
	C	0,20	1,8	34,3	3,9	0,6
	E	0,20	1,8	38,0	3,5	0,6
	M	0,20	1,7	42,3	4,6	0,6
	T	0,20	1,9	41,0	3,8	0,6
	MÉDIA	0,20	1,8	39,1	3,9	0,6
	CV%	17,15	10,42	18,32	17,41	25,71
	dms	0,05 n.s	0,31 n.s	10,78 n.s	1,04 n.s	0,35 n.s
2004-2005	V	0,13 a	1,5	30,5	3,8	0,7
	B	0,10 b	1,5	27,8	3,2	0,4
	C	0,13 a	1,7	31,5	4,1	0,8
	E	0,12 ab	1,6	33,8	4,1	0,5
	M	0,12 ab	1,4	34,5	4,7	0,6
	T	0,11 b	1,6	34,8	3,8	0,5
	MÉDIA	0,12	1,6	32,2	4,0	0,6
	CV%	8,82	30,51	22,73	25,42	52,44
	dms	0,02	0,73 n.s	11,00 n.s	1,57 n.s	0,53 n.s

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 26. Teores de micronutrientes na camada de 20-30 cm após a colheita das safras 2002-2003; 2003-2004 e 2004-2005 em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

SAFRA	TRATAM.	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
				mg dm ⁻³		
2002-2003	V	0,09	1,8 a	39,8	5,1	0,28
	B	0,12	1,9 a	38,3	4,7	0,33
	C	0,09	1,8 a	37,3	4,7	0,20
	E	0,09	1,8 a	40,3	5,4	0,18
	M	0,08	1,6 b	35,5	5,5	0,18
	T	0,07	2,0 a	40,3	4,4	0,35
	MÉDIA	0,09	1,8	38,6	5,0	0,25
CV%	30,11	10,0	12,10	26,25	64,22	
dms	0,04 n.s	0,31	7,03 n.s	1,98 n.s	0,24 n.s	
2003-2004	V	0,20	2,0	38,8	2,2	0,40 a
	B	0,20	2,0	35,3	2,2	0,30 b
	C	0,20	2,1	36,8	2,3	0,40 a
	E	0,20	2,1	37,0	2,4	0,30 b
	M	0,20	2,0	34,5	2,5	0,30 b
	T	0,20	2,1	37,5	2,1	0,30 b
	MÉDIA	0,20	2,1	36,6	2,3	0,33
CV%	21,76	9,42	12,39	25,95	15,25	
dms	0,07 n.s	0,29 n.s	6,84 n.s	0,91 n.s	0,07	
2004-2005	V	0,13	1,7	32,5	2,7	0,40 ab
	B	0,11	1,6	27,5	2,1	0,20 b
	C	0,12	1,8	31,0	3,1	0,50 a
	E	0,12	1,7	32,0	2,8	0,30 b
	M	0,12	1,5	29,3	2,9	0,30 b
	T	0,12	1,7	31,8	2,3	0,30 b
	MÉDIA	0,12	1,7	30,7	2,6	0,33
CV%	12,09	15,65	14,15	36,23	40,86	
dms	0,02 n.s	0,44	6,54 n.s	1,46 n.s	0,19	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada safra, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Para o cobre, na camada de 0-10 cm, no último ano, os tratamentos V e E apresentaram as melhores médias, embora não tenham se diferenciado do tratamento T.

Nas demais profundidades não foram observadas diferenças significativa entre os tratamentos.

Para o zinco, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos na camada de 0-10 cm na segunda safra. Neste ano, os tratamentos V e C apresentaram valores estatisticamente maiores que os demais tratamentos. Na camada de 20-30 cm, as diferenças ocorreram na segunda e terceira safra. Na segunda safra, novamente os tratamentos V e C apresentaram os valores significativamente maiores que os demais tratamentos. No terceiro ano, o tratamento C apresentou o maior valor, estatisticamente igual ao tratamento V, porém diferenciou dos demais.

Sabe-se da importância do zinco para a cultura do milho (Malavolta et al., 1997 e Raji et al., 2001) como para as demais gramíneas. Nesse contexto, infere-se que a adubação orgânica com composto ou vermicomposto destacou-se dentre os demais adubos orgânicos avaliados, bem como com relação à adubação mineral.

Wang et al. (2003) estudaram a disponibilidade dos micronutrientes ferro, manganês, cobre e zinco e sua distribuição no solo e nas plantas. Os autores observaram correlação positiva entre o carbono orgânico e a argila e os micronutrientes analisados. Observaram também que em condições de pastagem natural, os dejetos animais são uma importante fonte de micronutrientes.

6.5 Teores de amônia e nitrato no solo

Na Tabela 27 são apresentados os teores de amônia nas cinco profundidades analisadas, em todos os tratamentos.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos nas diferentes camadas estudadas. Pode-se, entretanto, observar que para os tratamentos V e C ocorreram aumentos nos teores de NH_3 até a camada de 30-50 cm. Nos tratamentos B e E ocorreu aumento na camada de 10-20 cm se comparada o à camada anterior. Nas demais camadas observou-se diminuição dos teores de NH_3 . O tratamento M apresentou menores valores de NH_3 da camada de 0-10 para a de 10-20 cm, seguido de aumento para as camadas de 20-30 e 30-50 cm. O tratamento T apresentou aumentos sucessivos até a camada de 20-30 cm seguido de diminuição na camada de 30-50 cm. Apenas o tratamento C apresentou

valor superior na última camada avaliada (50-100 cm) quando comparada à primeira camada.

Tabela 27. Teores de NH_3 (mg dm^{-3}) nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

Tratamento	0-10	10-20	20-30	30-50	50-100
Profundidade (cm)					
V	2,76	3,77	4,88	5,25	1,95
B	4,51	4,79	3,46	3,53	1,94
C	2,96	3,55	4,33	5,45	3,66
E	7,11	7,14	4,00	2,17	3,72
M	4,20	2,91	5,47	5,51	3,24
T	2,76	2,82	3,90	2,87	1,36
MÉDIA	4,05	4,16	4,34	4,13	2,64
CV%	85,93	71,45	56,09	84,94	109,23
dms	5,29 n.s	4,53 n.s	3,77 n.s	5,17 n.s	4,18 n.s

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na Tabela 28 são apresentados os teores de nitrato a cinco profundidades em todos os tratamentos.

O nitrato constitui-se em grande problema para a saúde humana e dos animais, sendo que a lixiviação do nitrato, pode atingir o lençol freático, podendo causar desde diarreias até carcinomas. O monitoramento desse radical, principalmente em solos agrícolas, é uma medida que visa a conservação das fontes de água, conseqüentemente da saúde humana e ambiental.

A utilização de adubos orgânicos e minerais, sem um critério de aplicação, pode causar danos ambientais e de saúde.

Observa-se pelos dados da Tabela 28 que o tratamento V apresentou o maior teor de NO_3^- na camada superficial (0-10 cm), porém não apresentou diferença significativa entre os tratamentos B, E, M e T, diferenciando-se apenas do tratamento C.

Tabela 28 Teores de NO_3^- (mg dm^{-3}) nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm em função da aplicação de Vermicomposto (V), Biofertilizante (B), Composto (C), Efluente de Esterqueira (E), Adubação Mineral (M) e Testemunha, sem adubação (T).

Tratamento	0-10	10-20	20-30	30-50	50-100
Profundidade (cm)					
V	4,16 a	3,81	3,02	3,39 a	1,38
B	2,63 ab	4,12	3,61	1,71 b	1,90
C	1,80 b	2,50	2,17	2,10 ab	1,47
E	3,87 a	4,11	1,90	1,16 b	1,03
M	3,13 ab	2,47	2,52	2,56 ab	1,38
T	3,24 ab	3,72	2,02	1,64 b	0,77
MÉDIA	3,14	3,46	2,54	2,09	1,32
CV%	41,83	58,86	44,70	48,53	67,55
dms	1,97	3,11 n.s	1,74 n.s	1,52	1,36 n.s

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Na camada de 10-20 cm todos os tratamentos apresentaram-se estatisticamente iguais quanto ao teor de NO_3^- . Nesta camada, mesmo não havendo diferenças significativas, observa-se que os tratamentos B e E apresentaram os maiores valores. Nesses tratamentos foram utilizados adubos orgânicos líquidos (efluente de biodigestor e de esterqueira), o que facilita a infiltração e conseqüentes perdas de NO_3^- por lixiviação.

Na camada de 20-30 cm o tratamento B apresentou o maior valor diferindo estatisticamente dos tratamentos C, E e T. O menor valor encontrado está no tratamento E.

Na camada de 30-50 cm o maior valor de NO_3^- foi observado no tratamento V que apresentou diferença significativa apenas dos tratamentos B e E.

Na última camada avaliada (50-100 cm), o menor teor de NO_3^- foi encontrado no tratamento T o qual, porém apresentou-se estatisticamente diferente apenas do tratamento B, maior teor encontrado.

De uma maneira geral, em todos os tratamentos, os teores de NO_3^- na última camada foram inferiores aos encontrados na camada superficial. No experimento em Iowa, Bakhsh et al. (2005) advertem que o esterco de suíno pode ser uma boa fonte de nutrientes (NPK) para as plantas, mas em aplicações excessivas pode resultar em contaminação da água subterrânea. A aplicação de esterco líquido de suíno resultou significativamente em maior média do teor de nitrato na água de drenagem, com valores de 31,8 mg L⁻¹ com esterco de suíno e 15,5 mg L⁻¹ com a aplicação de nitrato de amônio. Os efeitos da rotação de cultura no período de 6 anos não mostrou diferença significativa nas perdas por lixiviação de nitrato, mas aumentou o rendimento do milho significativamente tanto com a aplicação de esterco de suíno quanto com o nitrato de amônio. Os autores sugerem que o sistema de produção milho-soja é o melhor sistema para o manejo da aplicação de esterco suíno pois garante a qualidade da água e benefícios a produção das culturas.

No presente trabalho, observou-se que não houve contaminação de NH_3 nas camadas mais profundas, a 100 cm, para aplicação de vermicomposto e efluentes de biodigestor. Nota-se que cuidados devem ser observados na utilização e nas doses de composto orgânico, de efluente de esterqueira e de adubos minerais. Para o NO_3^- , todos os tratamentos podem ser potenciais fontes de contaminação para a camada de 50-100 cm de profundidade.

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir:

- Considerando os parâmetros biométricos, fisiológicos, fitométricos, químicos e a produtividade da cultura do milho, concluiu-se que a adubação com composto orgânico ou vermicomposto permite obter resultados semelhantes à adubação mineral;
- Pela análise da composição bromatológica, concluiu-se que a adubação mineral proporcionou melhor qualidade nutricional da silagem de planta inteira, enquanto para a silagem de grão úmido não houve diferença entre as adubações;
- Quanto à fertilidade nas camadas de 0-10; 10-20 e 20-30 cm, a adubação orgânica destacou-se no incremento de fósforo e zinco;
- Observou-se diminuição da maioria dos nutrientes no decorrer do experimento, indicando que outras práticas conservacionistas devem ser implementadas para manter a fertilidade do solo;
- Os teores de amônia e nitrato diminuíram em profundidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGIODA, A.; MERLO, C.; CARMANTRAND, J.C.S.; JAMER, P. Efeitos da agricultura sobre o abastecimento de água: exemplos franceses e italianos. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa.

Anais... Viçosa:UFV/NEPEMA, 1994. p.1-24.

ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R.; OBEID, J. A. e OLIVEIRA, J. S. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.): qualidade dos componentes e da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1999.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. e FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 24, p. 179-189, 2000.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 26, p. 183-189, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J. e BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n 4, p. 519-527, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FOSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E. e TEICHMANN, L.L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 27, p. 109-119, 2003.

BAKSH, A.; KANWAR, R. S. and KARLEN, D. L. Effects of liquid swine manure applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soil in Iowa. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 109, p. 118-128, 2005.

BALLARD, C. S.; THOMAS, E. D.; TSANG, D. S.; MANDEBVU, P.; SNIFFEN, C. J.; ENDRES, M. I. and CARTER, M. P. Effect of corn hybrid on dry matter, yield, nutrient composition, “in vitro” digestion, intake by dairy heifers, and milk production for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 2, p. 442-452, 2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, L. Dinâmica e Função da Matéria Orgânica. In: In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: gênese, 1999. p. 9-26.

BELLINGIERI, P. A.; GALBIATTI, J.A.; FERNANDES, E.J. Efeitos da biofertilização e da adubação mineral sobre o acúmulo de nutrientes pelo feijoeiro. **Ciênc. Agron.**, v.3, n.1, p.13-14, 1988.

BENCKISER, G.; SIMARMATA, T. Environmental impact of fertilizing soils by using sewage and animal wastes. **Fertilize Research**. v.37, p. 1-22, 1994.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**: Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BENINCASA, M.P.M. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

BERNAL, M. P.; ROIG, A.; LAX, A.; NAVARRO, A. F. Effects of the application of pig slurry on some physico-chemical and physical properties of calcareous soils. **Bioresource Technology**, v. 42, p.233-239, 1992.

BROWN, R.H. Growth of the green plant. In: TESAR, M.B. **Physiological basis of the crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy & Crop science society of America, 1984, p. 153-174.

BURIN, A. **Desenvolvimento do sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) e do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em resposta a diferentes adubação (orgânica e mineral)**. Marechal Cândido Rondon, 2002. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade do Oeste do Paraná.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivos de milho colhidos em duas alturas de corte para a produção de silagem**. 2001, 178 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, 2001.

CARVALHO, W.A.; PANOSO, L.A.; MORAES, M.H. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Edgárdia - Município de Botucatu-SP. Faculdade de Ciências Agronômicas, Boletim Científico, n.2, v.1, 1991. p. 78.

CASSOL, P. C. **Eficiência de estrumes de bovinos de leite e frangos de corte como fonte de fósforo às plantas**. Porto Alegre, 1999, 162p. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. **Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxert soil**, V. 78, P.59-67, 2004.

COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C.; CHARDULO, L. A. L. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1999, p. 68-85.

COSTA, C.; CRESTE, C. R.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C.; ROSA, G. J. M.; BICUDO, S. J. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 3, p. 835-841, 2000.

COSTA, L. A. M. **Radiação solar global: Algumas considerações sobre seus efeitos no solo em que se incorporou efluente de biodigestor.** Jaboticabal, 1995. 133p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

COUTINHO, O.L.; MELO, V.F.; SILVA, A.J. Resposta do coentro (*Coriandrum sativum* L.) ao composto orgânico em Latossolo Amarelo de Boa Vista-RR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-Rom).

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn: GTZ, 1990. 272p.

EGHBALL, B. and POWER, J. F. Phosphorus and nitrogen-based manure and compost application: corn production and soil phosphorus. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 895-901, 1999.

EGHBALL, B. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 2024-2030, 2000.

EGHBALL, B.; POWER, J.F.; GILLEY, J.E. and DORAN, J.W. Nutrient carbon and mass loss of beef cattle feedlot manure during composting. **Journal of environment quality**. v.26, p.189-1993, 1997.

EGHBALL, B.; WIENHOLD, B. J.; GILLEY, J. E. and EIGENBERG, R. A. Mineralization of manure nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 470-473, 2002.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2.ed. Cuiabá: Agropecuária, 1999. 157p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA, 1999. 412p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

ERNANI, P. R.; BITTENCOURT, J.; VALMORBIDA, J. e CRISTANI, J. Influência de adições sucessivas de Zinco, na forma de esterco suíno ou de óxido, no rendimento de matéria seca de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 905-911, 2001.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L. e RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 993-1000, 2002.

FANCELLI, A. L. e DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, A. P. **Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Reaproveitamento da Matéria Orgânica**. Cascavel, 1997. 74p. Monografia (Especialização em Ciências e Educação ambiental) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

FONSECA, A. H. **Características químicas e agronômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000, 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2000.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N. e SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.

GALBIATTI, J. A. e CASTELLANE, P. D. Efeito da irrigação e das adubações mineral e orgânica na cultivar de cebola PIRAPOLES. **Horticultura Brasileira**, n.1, p.24, 1990.

GALBIATTI, J.A.; ARAÚJO, J.A.C.; ROLIM, L.A. Efeito da fertirrigação sobre o potencial matricial, a condutibilidade hidráulica, a umidade de saturação e desenvolvimento do feijoeiro. **Ciênc. Agron.**, v.1. n.2, p.18-19, 1986.

GHOSH, P. K.; AJAY, K. K.; BANDYOPADHAYAY, M. C.; MANNA, K. G.; MANDAL, A. K. and MISRA, A. K. comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer – NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. **Bioresource technology**, v. 95, p. 85-93, 2004a.

GHOSH, P. K.; RAMESH, P.; BANDYOPADHAYAY, K. K.; TRIPATHI, A. K.; HATI, K. M.; MISRA, A. K. and ACHARYA, C. L. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer – NPK on three cropping systems in vertisols of semi arid tropics. I. Crop yields and system performance. **Bioresource Technology**, v. 95, p. 77-83, 2004b.

GOMES, E.R.S; SAMPAIO, S.C.; CORRÊA, M.M.; VILAS BOAS, M.A.; ALVES, L.F.A. e SOBRINHO, T.A. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p. 557-68, 2004.

GOMES, M. C. **Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da silagem**. 2003, 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2003.

HATI, K. M.; MANDAL, K. G.; MISRA, A. K.; GHOSH, P. K. and ACHARYA, C. L. Effect of irrigation regimes and nutrient management on soil water dynamics, evapotranspiration and yield of wheat in Vertisol. **Indian Journal Agriculture Science**, v. 71, n. 9, p. 581-587, 2001.

HERNANI, L. C. e SALTON, J.C. **Manejo e conservação de solos**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuário do Oeste. Milho: informações técnicas. Dourados, 1997. p.39-63. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 5).

JOBIM, C. C. **Avaliação das características microbiológicas, químicas e digestibilidade das silagens de grãos úmidos e de espigas de milho**. 1996, 145 f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP, Jaboticabal, 1996.

KAPKIYAI, J.J.; KARANJA, N.K.; QURESHI, J.N. et al. **Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenyan nitisol under long-term fertilizer and organic input management**, v. 31, p. 1773-1782, 1999.

KAUFMANN, A.V.; BURIN, A.; RÖDER, C.; OLIBONE, D.; ORTOLAN, M.L.; COSTA, L.A. de M.; SILVA, M.S. Avaliação da produtividade de milho em área cultivada por quatro anos com adubação orgânica e mineral. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, Londrina, **Anais...**p. 16, 2000.

KELLEHER, B P., LEAHY, J. J., HENIHAN, A. M, O'DWYER, T. F., SUTTON, D., LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27-36, 2002.

KELLMAN, L. M. A study of tile drain nitrate- δ ^{15}N values as a tool for assessing nitrate sources in agricultural region. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 71, p. 131-137, 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

KIHANDA, F.M.; WARREN, G.P. and MICHENI, A.N. **Effects of manure and fertilizer on grain yield, soil carbon and phosphorus in a 13-year field trial in Semi-arid Kenya**, v.41, p. 389-412, 2005.

KRAMER, J. e VOORSLUYS, J. L. Silagem do milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1991, p. 257-261.

LACERDA, N. B. **Resposta do milho ao modo de aplicação e doses de nitrogênio, em sistema de semeadura direta**. 2004, 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2004.

LARA CABEZAS, W. A. R. Balanço de adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no triangulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 363-376, 2000.

LIMA, J. S.; QUEIROZ, J. E. G. e FREITAS, H. B. Effect of selected and non selected urban waste compost on the initial growth of corn. **Resources Conservation and Recycling**, v. 42, p. 309-315, 2004.

LUCAS Jr., J.; NASCIMENTO, E. F. do; SILVA SOBRINHO, A. G. e MILANI, A. P. Uso de estrume de ovinos como substrato de biodigestores contínuos e batelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1992, Londrina. **Anais...**Londrina:SBEA,. 1992, p. 260-278.

MACEDO, E. C. **Efeito dos adubos orgânicos e mineral sobre o desenvolvimento das plantas da cultura do milho *Zea mays* (L.)**. Jaboticabal, 1987. 105p. Trabalho de Graduação (Curso de Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

MAIA, C. E. e CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2004.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 1. ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 255 p.
MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. e OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed., Piracicaba: POTAFÓS, 1997, 319p.

MATOS, A. T. de; SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M. e GARCIA, N. C. P. Efeito da adubação orgânica sobre algumas características de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico cultivado com cenoura: II - Segundo cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro:SBCS. (CD, Room).

MATTÉ, G. A. F. **Compostagem de Resíduos sólidos no meiro Rural**. Cascavel. 1997. 31p. Monografia (Especialização em Ciências e Educação ambiental) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

MIYASAKA, S. e OKAMOTO, H. Importância da matéria orgânica na agricultura. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - PROBLEMAS E SOLUÇÕES. Editado por Iraê Amaral Guerrini e Leonardo Theodoro Büll. 1992, Botucatu. **Anais...** 1992. 203p.

NASCIMENTO, A. P. S.; SANTOS, J. A. G.; FADIGA, F. S. Influência de resíduos orgânicos industriais no desenvolvimento do milho (*Zea mays*, L.) e em alguns atributos do

solo. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: L'Informazione Multimídia, 1997, 2 p. 1 CD-ROM.

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; WILLIAMS, J. R.; UNWIN, R. J. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. **Bioresource Technology**, v. 70, p. 23-31, 1999.

NUSSIO, L. C. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). Piracicaba, **Anais... Milho**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1990. p. 58-88.

NUSSIO, L. C. Cultura do milho para silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. e FARIA, V. P. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1991, p. 59-168.

NUSSIO, L. C. e MANZANO, R. P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999, Piracicaba. **Anais... Alimentação Suplementar**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1999, p. 27-46.

OLIVEIRA, I.P. e ESTRELA, M.F.C. Biofertilizante animal-bovinos e aves: potencial e uso. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, 2, 1983, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. 16p.

OLIVEIRA, I.P. et al. Resultados técnicos e econômicos da aplicação de biofertilizantes bovino nas culturas de feijão, arroz e trigo. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF., 1986. 24p. (Circular Técnica 21).

OVERCASH, M. R.; HUMENIK, F. J. and MINER, J. R. **Livestock waste management**, v. 1, Boca Raton, Florida, CRC Pres. 380p.

PAPONOV, L. A.; LEBEDINSKAI, S. and KOSHKIN, E. I. Growth analysis of solution culture-grown winter rye, wheat and triticale at different relative rates of nitrogen supply. **Annals of Botany**, v. 84, p. 467-473, 1999.

PECK, J. R. **Sorting through the seed corn catalogs: new characteristics bred into grain and silage varieties make picking hybrids tough.** Hoard's Dairyman, Fort Atkinson, v.23, p. 16, 1998.

PONS, M. A. **História da Agricultura.** Caxias do Sul: Maneco, 1998. 240p.

PORTES, T. A. ; CASTRO JR, L. G. **Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.3, n.1,p. 53-56, 1991.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P. e KLUTHCOUSKI, J. Análise de crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PRATT, P. F.; BROADBENT, F. E.; MARTIN, J. P. Using organic wastes as nitrogen fertilizers. **California Agricultur**, v. 27, p. 10-13, 1973.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 8. ed, São Paulo: Nobel, 1985. 306p.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, IAC, 2001, 275 p.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H; QUAGGIO, A.J.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2 ed. Campinas:IAC, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100). 285p.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.A. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAMALHO M.A.P.; COELHO, A.M.; TEIXEIRA, A.L.S. Consorciação de milho verde e feijão em diferentes épocas de plantio na entressafra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p. 799-806, 1985.

RAMOS, A. A. **Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica**. 1996, 46 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 1996.

REDDY, D. D.; RAO, A. S.; RUPA, T. R. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. **Bioresource Technology**, v. 75, p. 113-118, 2000.

REGINATO, S. **Efeito do uso de efluente de biodigestor (biofertilizante) em fertirrigação na formação de mudas de cacauero**. Jaboticabal, 1986. Trabalho de Graduação (Curso de Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista.

RICCI, M.S.F.; RODRIGUES, V.G.S.; SOUZA, V.F. Adubos orgânicos alternativos para agricultores de baixa renda em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-Rom).

RODRIGUES, S.D. **Análise de Crescimento de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) submetidas à carências nutricionais**. 1982, 165f. Dissertação (Mestrado), UNESP, Rio claro, 1982.

ROMEIRO, A. R. Agricultura sustentável e tecnologia. In: PEIXOTO, R. T. dos G.; AHRENS, D. C. e SAMAHA, M. J. **Plantio direto o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p. 2-8.

ROSA, S. R. A.; PORTES, T. A.; CASTRO, I. P. Análise de crescimento em braquiária nos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 1, p. 9-17, 2004.

ROSSETTO, C.A.V. & NAKAGAWA, J. Índices da análise de crescimento em funções das condições de cultivo de aveia preta. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.76, p.245-265, 2001.

SAFLEY, L. M.; WESTERMAN, P. W. and BARKER, J. C. fresh dairy manure characteristics and barnlot nutrient losses. In: **AGRICULTURAL WASTE UTILIZATION AND MANAGEMENT, 5., PROCEEDINGS OF FIFTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL WASTES, 5., 1985**, Chicago: American Society of Agricultural Engineers.

SARKAR, S.; SINGH, S. R. and SINGH R. P. The effect of organic and inorganic fertilizers on soil physical condition and the productivity of rice-lentil cropping sequence in India. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 419-425, 2003.

SCHERER, E.E.; NADAL, R. e CASTILHOS, E.G. Utilização de esterco de aves e adubo fosfatado na cultura do milho. Florianópolis:EPAS, 1982. 15P. (Boletim Técnico, 10).

SCHJONNING, P.; CHRISTENSEN, B.T. CARSTENSEN, B. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer for 90 years. **European Journal of Soil Science**, v. 45, p.257-268, 1994.

SEGANFREDO, M. A. Acúmulo de macro e micronutrientes num solo adubado com dejetos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...**Brasília:SBCS, 1999. (CD Room).

SHARMA, S. P. and SUBEHIA, S. K. Effects of twenty-five years of fertilizer use on maize and wheat yields and quality of an acidic soil in the western Himalayas. **Exploration Agriculture**, v. 39, p. 55-64, 2003.

SILVA, C. A. e VALE, F. R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 2461-2471, 2000.

SILVA, C. J. **Produtividade de milho em latossolo vermelho eutroférico em resposta a adubação orgânica e mineral**. Marechal Cândido Rondon, 1999. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). Universidade do Oeste do Paraná.

SILVA, C.J. da.; CAZETTA, J.O. & MATTER, U.F. Efeito de diferentes formas de adubação nitrogenada sobre a produção de milho cultivado na safrinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina, **Anais...**Londrina:SBCS, 2001, p. 120.

SILVA, C.J.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A. de M.; DECARLI, L.D.; PELÁ, A.; ZUCARELI, C. & MATTER, U.F. Avaliação dos efeitos de três adubos orgânicos e um formulação mineral na produtividade de milho (*Zea mays*). In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, Cascavel, **Anais...**p. 61-62, 1999a.

SILVA, D.J. e QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002. 235p.

SILVA, M. S.; COSTA, L. A. M.; BENINCASA, M.; LUCAS Jr. Avaliação das perdas de nitrato em solo irrigado e submetido à diferentes intensidades de radiação solar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 82-88, 1999b.

SILVA, P.C.; OSUNA, J.T.A; ARAUJO, S.M.C.; QUEIROZ, S.R.O.D. e PAIVA, L.M. Seleção recorrente recíproca para a obtenção de híbridos interpopulacionais de milho forrageiro (*Zea mays* L.) In: REUNION LATINOAMERICANA DEL MAYZ, 18, Sete Lagoas. **Anais...Sete Lagoas**, 1999c, p.475-484.

SIMAS JR., J.C.; CENTURIÓN, C.A.; ROQUETO, R.M.; TURCATTI TOBIAS, A.C. Efluente de biodigestor anaeróbico de origem suína, no solo e produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), CV. Carioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Anais...Londrina:SBCS**, 2001, p. 158.

SIQUEIRA, J. O. e FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1988. 236p.

SORENSEN, P.; WEISBJERG, M. R. and LUND, P. dietary effects on the composition and plant utilization of nitrogen in dairy cattle manure. **Journal of Agricultural Science**, v. 141, p. 79-91, 2003.

SWEETEN, J.M. Composting manure and sludge. In: PROCEEDING OF NATIONAL POULTRY WASTE MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1988, Ohio State University Columbus, Ohio, 1988. p.38-44.

TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal Dairy Science**, v. 75, p.345, 1992.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**, V.84, P.101-11, 2003.

TÁVORA, F. J. A.; MELO, F. I. O.; PINHO, J. L. N. e QUEIROZ, G. M. Produção, taxa de crescimento e capacidade assimilatória da mandioca no litoral do Ceará. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 7, n. 1, p. 81-88, 1995.

TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C; CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos no solo e o impacto no ambiente. In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: gênese, 1999. p. 159-196.

TEI, F.; SCAIFE, A.; AIKMAN, D. P. Growth of lettuce, and red beet. 1. growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. **Annals of Botany**, v.78, p. 633-643, 1996.

TEKALIGN, T. and HAMMES, P. S. growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 29-44, 2005.

TIARKS, A. E.; MAZURAK, A. P.; CHESNIN, L. Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, Madison, v.38, p. 826-830, 1974.

TIBAU, A.O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 220p.

TSUMANUMA, G.M.; FANCELLI, A.L.; ORTEGA, E.M.M e BALDO, M.N. Comparação entre métodos de determinação de IAF na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25, 2004, Cuiabá. **Anais...**Cuiabá:UFMT, 2004, (CD-ROM).

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.3, p. 497-506, 2000.

USDA. SOIL CONSERVATION. **Waste utilization**. cap. 11, 1996, 400 p.

VAN KESSEL, J. S.; REEVES, J. B. I. and MEISINGER. Nitrogen and carbon mineralization of potential manure components. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, p. 1669-1677, 2000.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**, 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2003.

WANG, S.P.; WANG, Y.F.; HU, Z.Y.; et al. Status of Iron, Manganese, Copper and Zinc of soils and plants and their requirement for ruminants in Inner Mongólia Steppes of China. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 5,6, p. 655-670, 2003.

WRUCK, F. J.; SOUZA, C. M. de e MATOS, A. T. de. Mobilidade de nitrato, proveniente do efluente líquido de granja suinícola, no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD Room).

YADUVANSHI, N. P. S. Substitution of inorganic fertilizers by organic manures and the effect on soil fertility in rice-wheat rotation on reclaimed sodic soil in India. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 161-168, 2003.

ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada na produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro CV. Carioca precoce e IAC Carioca Tybatã**. 2005 207 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, 2005

APÊNDICE

Apêndice 1. Dados meteorológicos do ano de 2003

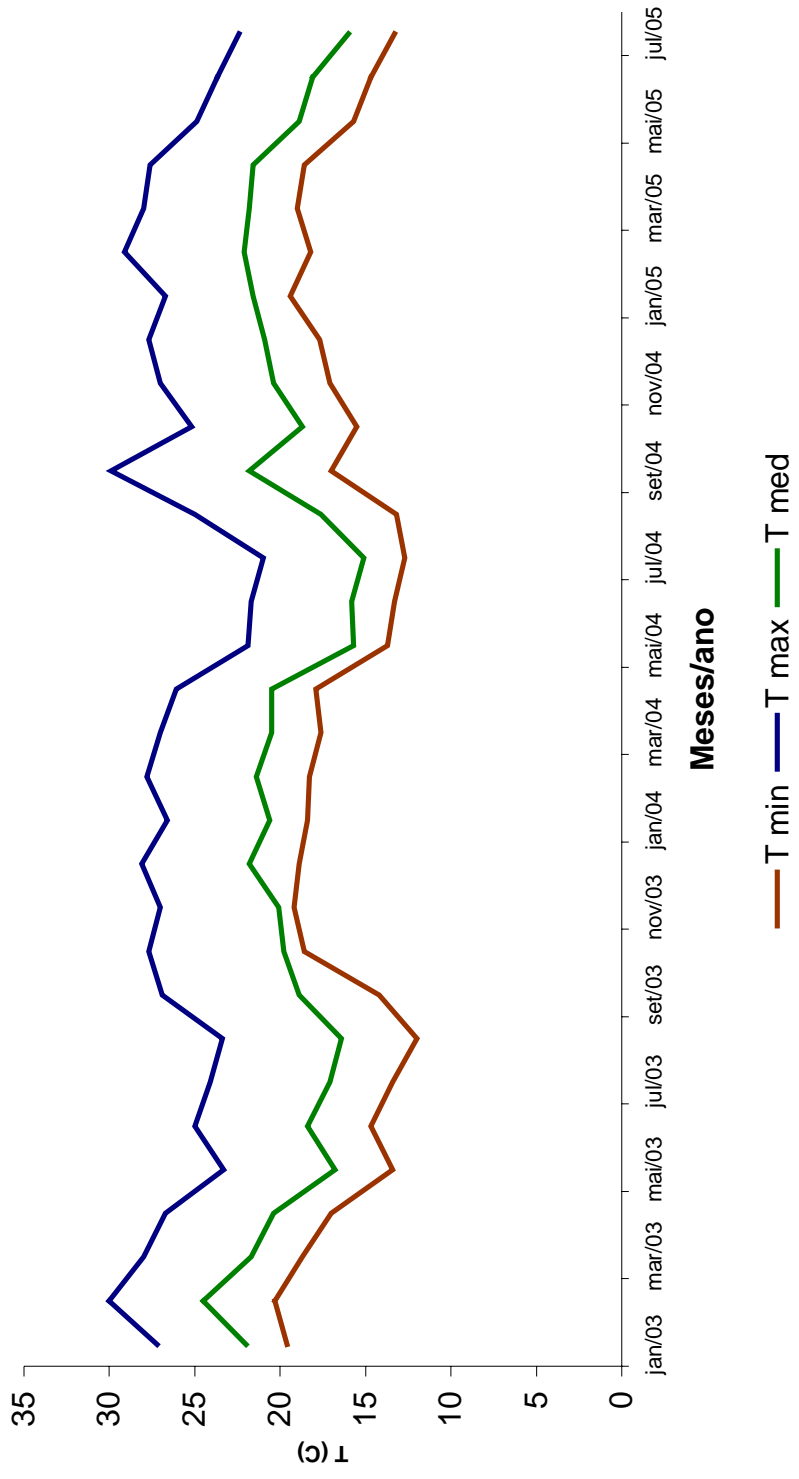
	T° C max.	T° C mín.	T° C média	Precipitação mm	UR ar %	Rad. Solar cal cm ⁻² dia ⁻¹	Insolação horas	Evaporação Tanque Classe A mm	Vel. Ventos km dia ⁻¹
Janeiro	19,6	27,2	22,0	412,0	75,4	325,9	128,8	119,4	122,7
Fevereiro	20,3	30,0	24,5	127,6	68,5	423,4	204,0	175,7	93,9
Março	18,7	28,0	21,7	179,8	74,8	372,4	207,3	144,5	117,3
Abril	17,0	26,7	20,4	87,5	65,5	338,0	164,3	141,0	94,3
Maiο	13,4	23,3	16,8	52,9	61,5	327,9	264,6	133,3	109,4
Junho	14,7	25,0	18,4	23,7	61,7	304,8	187,6	116,0	82,4
Julho	13,4	24,1	17,1	15,8	52,4	314,4	237,4	141,1	105,1
Agosto	12,0	23,4	16,4	33,9	52,0	348,5	236,5	142,4	123,9
Setembro	14,2	26,9	18,9	14,9	48,7	382,3	224,9	163,8	134,0
Outubro	18,6	27,7	19,8	149,1	63,3	379,3	218,0	184,6	140,9
Novembro	19,2	27,0	20,1	173,5	62,1	407,1	180,8	167,9	150,6
Dezembro	18,9	28,1	21,8	183,9	68,0	441,1	211,7	175,3	137,7

Apêndice 2. Dados meteorológicos do ano de 2004

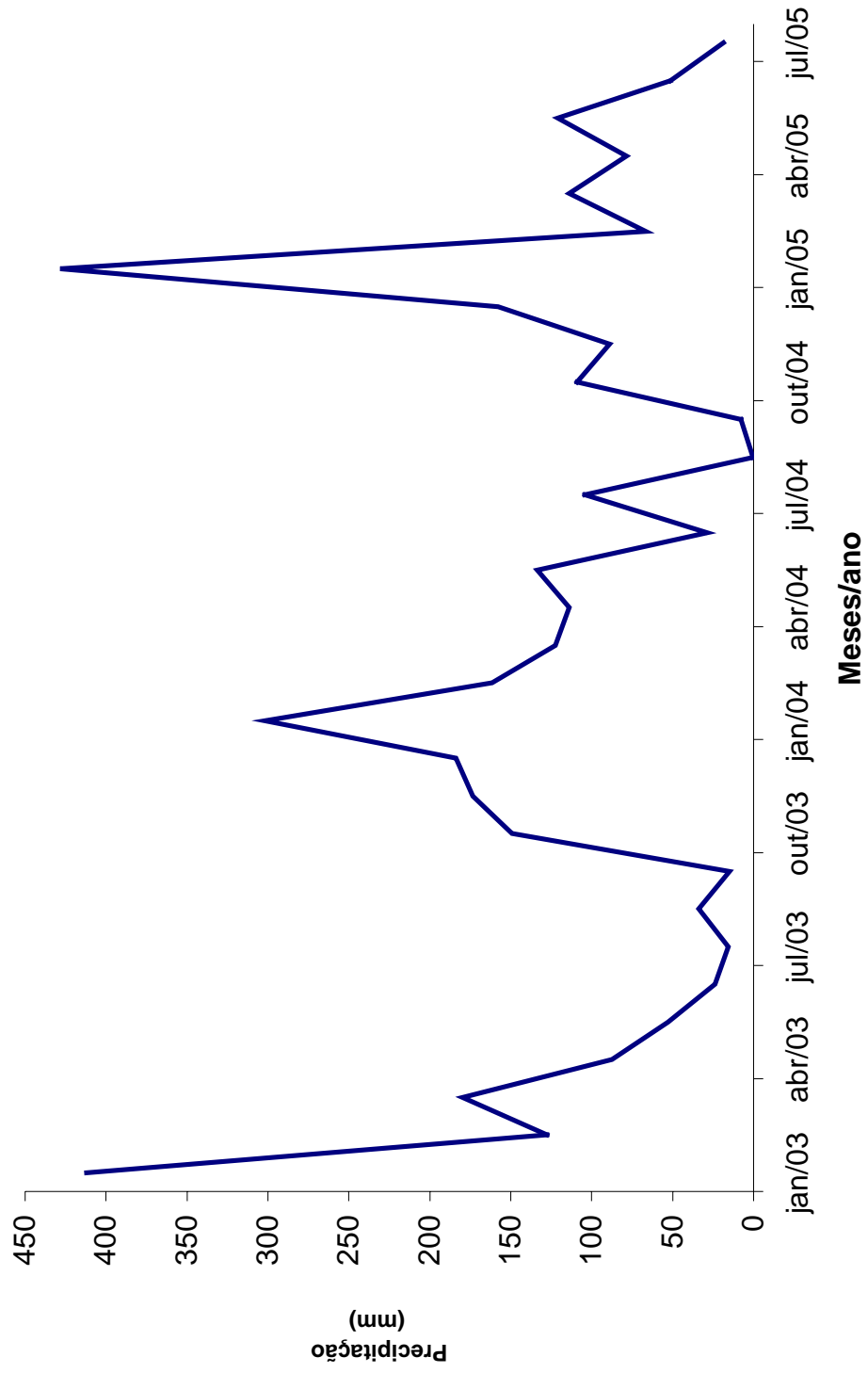
	T° C max.	T° C mín.	T° C média	Precipitação mm	UR ar %	Rad. Solar cal cm ⁻² dia ⁻¹	Insolação horas	Evaporação Tanque Classe A mm	Vel. Ventos km dia ⁻¹
Janeiro	18,4	26,6	20,6	302,0	71,1	366,2	161,0	140,2	111,3
Fevereiro	18,3	27,8	21,4	161,6	73,0	405,9	201,7	156,5	113,8
Março	17,6	27,0	20,5	122,3	67,6	391,5	234,3	161,7	104,4
Abril	17,9	26,1	20,5	114,0	68,2	353,2	188,2	120,5	95,9
Mai	13,7	21,9	15,7	133,5	68,7	280,9	181,4	99,7	91,6
Junho	13,3	21,7	15,8	28,8	60,6	280,4	121,2	86,1	70,2
Julho	12,7	21,0	15,1	104,3	58,2	292,4	206,4	104,9	114,8
Agosto	13,2	25,0	17,6	0,2	45,4	400,3	288,7	159,2	108,1
Setembro	17,0	29,9	21,8	7,7	46,5	419,4	247,7	207,3	115,8
Outubro	15,5	25,2	18,7	109,0	60,2	341,6	174,9	143,0	123,9
Novembro	17,1	27,0	20,4	89,1	55,3	445,2	222,7	182,5	129,1
Dezembro	17,7	27,7	20,9	157,9	51,3	451,2	213,9	197,4	108,5

Apêndice 3. Dados meteorológicos do ano de 2005

	T° C max.	T° C mín.	T° C média	Precipitação mm	UR ar %	Rad. Solar cal cm ⁻² dia ⁻¹	Insolação horas	Evaporação Tanque Classe A mm	Vel. Ventos km dia ⁻¹
Janeiro	19,4	26,7	21,6	428,4	59,7	339,1	124,8	122,4	105,1
Fevereiro	18,2	29,1	22,1	66,6	53,8	466,8	232,5	191,9	106,8
Março	19,0	28,0	21,8	113,8	64,3	391,6	208,9	155,7	97,5
Abril	18,6	27,6	21,6	78,7	63,7	398,5	231,6	160,6	89,0
Maiο	15,7	24,9	18,9	120,8	56,1	326,4	234,1	127,8	73,5
Junho	14,7	23,7	18,1	51,2	59,5	296,3	149,8	107,2	65,4
Julho	13,3	22,4	16,0	18,7	53,3	316,4	214,4	131,0	110,2



Apêndice 4. Temperaturas máximas, médias e mínimas no período experimental.



Apêndice 5. Distribuição da precipitação no período experimental.