

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO MESQUITA FILHO”
FACULDADES DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS CAMPUS
DE JABOTICABAL

USO DE BIOFERTILIZANTE NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Márcio Martins Ferreira
Zootecnista

JABOTICABAL- SÃO PAULO - BRASIL
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO MESQUITA FILHO”
FACULDADES DE CIENCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS CAMPUS
DE JABOTICABAL

USO DE BIOFERTILIZANTE NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Márcio Martins Ferreira

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para obtenção do título
de Doutor em Agronomia - Ciências do Solo.

JABOTICABAL
2012

F383u Ferreira, Márcio Martins
Uso de Biofertilizante na Produtividade do Milho. / Márcio Martins
Fereira. -- Jaboticabal, 2012
x, 60 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: João Antonio Galbiatti
Banca examinadora: Fábio Olivieri de Nobile, Emerson Fachini,
Luiz Carlos Pavani, Danilo César Checchio Grotta
Bibliografia

1. Produtividade-Milho. 2. Biofertilizante. 3. Biodigestor. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.86:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Márcio Martins Ferreira, nascido em 10 de dezembro de 1968 no município de Barretos-SP, graduado em Zootecnia pela Faculdade de Zootecnia e Agronomia de Uberaba – MG em 1992, Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras – MG em 1997, secretário municipal de agricultura e meio ambiente do município de Barretos em 2005, coordenador do curso de Zootecnia do Centro Universitário de Barretos – UNIFEB de 2006 a 2010, professor dos cursos de Zootecnia e Agronomia do Centro Universitário de Barretos – UNIFEB desde 2006.

*“Se você quiser alguém em quem confiar
Confie em si mesmo
Quem acredita sempre alcança.”*

(Legião Urbana)

À HONRA E GLÓRIA DO G:.A:.D:.U.:

DEDICATÓRIA

Dedico este humilde trabalho à minha esposa, mulher, companheira, conselheira,
pela paciência, dedicação e amor, Adriana te amo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e saúde.

Agradeço ao meu orientador, que foi além da orientação e se tornou um grande amigo, obrigado Professor Galbiatti.

Agradeço a todos os professores do departamento de Solos e Engenharia Rural.

Agradeço aos funcionários do departamento de Solos e Engenharia Rural.

Agradeço aos funcionários da do departamento de Pós-Graduação em especial à Márcia.

Agradeço ao meu amigo e colega de curso Reginaldo Itiro Muraishi.

Agradeço a todos os colegas com quem convivi neste período de estudos.

Acredito que sozinho não conseguiria chegar ao final desta etapa, acredito também que a gratidão é uma das mais bonitas virtudes do homem, pois um grande erro comete aquele que não reconhece que precisa de auxílio para evoluir.

Muito Obrigado.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Caracterização da área experimental.....	30
3.2 Cultura utilizada.....	31
3.3 Delineamento experimental	32
3.4 Condução do ensaio	33
3.5 Características avaliadas.....	34
3.5.1 Densidade aparente do solo (Da).....	34
3.5.2 Velocidade de infiltração (VI).....	35
3.5.3 Área foliar	37
3.5.4 Matéria Seca das Folhas.....	38
3.5.5 Produção de Grãos	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Comparação entre experimentos	39
4.1.1 Densidade aparente do solo (Da)	39
4.1.1.1 Camada de 0 a 20 cm.....	39
4.1.1.2 Camada de 20 a 40 cm	41
4.1.2 Velocidade de Infiltração Básica (VI)	42
4.1.3 Área foliar.....	43
4.1.4 Matéria Seca em Folha.....	45
4.1.5 Produtividade de Grãos	46
5. CONCLUSÕES	48
6. REFERÊNCIA BIBLIORÁFICA	49
7. APÊNDICE	57

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Densidade aparente do solo, em gramas por cm^3 na camada de 0 a 20 cm no final de cada experimento	40
Tabela 2. Densidade aparente do solo, em gramas por cm^3 na camada de 20 a 40 cm no final de cada experimento.....	41
Tabela 3. Velocidade de infiltração básica da água no solo, em mm por hora, no final de cada experimento.....	43
Tabela 4. Área foliar em dm^2 por planta, no final de cada experimento.....	44
Tabela 5. Matéria seca acumulada, em gramas por planta, nas folhas da planta de milho, no final de cada experimento.....	46
Tabela 6. Produção de grãos de milho, em Kg por planta, no final de cada experimento.....	47

RESUMO

Tem-se procurado incentivar o estudo de viabilidade do uso de sistemas integrados de produção de energia e alimentos para, da melhor forma possível, se utilizar os recursos específicos de cada agros sistema e se criar, sempre que possível, circuitos de realimentação entre diversas atividades. de modo a transformar resíduos em riquezas. Nesse contexto, desenvolveram-se estudos durante os anos de 2007 a 2011, em área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, em Jaboticabal-SP, Brasil. Utilizou-se de um latossol roxo com 12% de declividade e exposição Norte. Considerou-se como tratamentos a utilização de efluente de biodigestor incorporado ao solo em três doses diferentes, e como testemunha a adubação mineral convencional e sem adubação. Os principais aspectos analisados foram: densidade aparente do solo; Velocidade de infiltração da água no solo; desenvolvimento da área foliar, acumulação de matéria seca nas diferentes partes e produção de grãos da planta de milho. Da análise dos resultados e nas condições que se desenvolveu o estudo, concluiu-se que o efluente de biodigestor aplicado em anos consecutivos promove um melhor condicionamento do solo e um melhor desenvolvimento das plantas.

Palavras Chave: Produtividade Milho, Biofertilizante, Biodigestor,

SUMMARY

The use of integrate systems has been stimulated to produce energy and food, so that specific resources of each agrosystem can be used in the best way, as well to create always as possible circuits of feedback between various activities so as to transform residues in wealth. so, a study using corn crop was carried out from 2007 to 2011, in the FCAV/UNESP Experimental Farm, in Jaboticabal City, State of São Paulo, Brazil. Red soil with 12% slope and north exposition was used. The treatments consisted of three levels of biodigestor biofertilizant incorporated into soil, conventional mineral fertilization (control 1) and without fertilization (control 2). To reach the objectives the following parameters were evaluated: soil apparent density, water infiltration speed into the soil, development of corn foliar area, dry matter accumulation and yield. Based on the results and the experimental conditions it was concluded that the biodigestor biofertilizant applied during successive years into the soil promoted better soil conditioning, as well as plant development.

Key Words: Corn production, Biofertilizant, Biodigestor.

1. INTRODUÇÃO

As modificações genéticas pelas quais as plantas cultivadas e os animais passaram, permitiram adaptações em diferentes ambientes. Embora os avanços científicos e tecnológicos tenham permitido enormes progressos, o desenvolvimento da atividade agrícola, pela própria natureza, perturba de alguma forma o meio ambiente em relação à sua situação natural. São exemplos, os problemas graves de deterioração dos solos, e a grande multiplicação de “pragas e doenças” agrícolas. Surgem-nos diversos setores sociais discussões em torno da “agricultura sustentável”. Nesta, o conceito de sustentabilidade não pode ter o aspecto estático, comumente implícito no tempo, pelos quais os sistemas agrícolas são considerados sustentáveis quando a produção é pensada como fator isolado. Um conceito dinâmico é mais apropriado e atende a evolução e ao desenvolvimento da sociedade. Muitas práticas agrícolas podem ter sido denominadas sustentáveis no passado, ou mesmo no presente, segundo as condições socioeconômicas, edafoclimáticas e demais características locais. Num conceito dinâmico, a sustentabilidade deve levar em conta as mudanças temporais nas necessidades humanas, especialmente relacionadas a uma população crescente, bem como uma adequada percepção da relação ambiental com a agricultura, surge então a necessidade de promover estilos alternativos de agricultura

ou a implementação de técnicas dentro dos sistemas já existentes, no sentido de garantir a viabilidade agrícola sob seus diversos aspectos (ZUIN & QUEIROZ 2006).

Frente a essa problemática, apresentam-se neste trabalho, algumas considerações sobre o uso de biofertilizante líquido na agricultura, que vem mostrando bons resultados em algumas formulações já testadas e que podem ser aplicadas de forma alternativa na proteção de plantas. Essa estratégia é indicada principalmente para as pequenas propriedades, onde os recursos financeiros e tecnológicos são escassos, aproveitando-se subprodutos da agropecuária que muitas vezes são descartados, (ARAÚJO 2007).

Com a crise do petróleo ocorrida na década de 1970, houve grandes aumentos nos preços dos insumos agrícolas de origem industrial, como fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, causando impacto importante na agricultura em geral. Essa situação despertou, por parte dos produtores agrícolas a necessidade de se reduzir o consumo e/ou maximizar os retornos em relação a utilização de determinada quantidade de insumo. Ao mesmo tempo, o preço de mercado dos combustíveis para uso domiciliar aumentou violentamente devido ao efeito conjunto do crescente desequilíbrio entre oferta e a procura de combustíveis tradicionais e o aumento geral dos preços da energia, bem como dos custos de transporte causado pelas decisões relativas ao preço do petróleo tomadas pela OPEP, numa tentativa legítima do Terceiro Mundo de afirmar sua soberania quanto a um importante recurso natural e, por fim, á anomalia dos preços do petróleo baixos demais. Ocorreram distúrbios sociais em vários países quando seus governos tentaram ajustar-se às injunções do momento. Os imensos problemas causados pelo aumento do valor das importações de petróleo determinaram uma revisão das prioridades de desenvolvimento. Tais países alocaram mais recursos para investimentos visando substituir as importações de petróleo pela utilização de fontes locais de energia e, ao mesmo tempo, aumentar sua capacidade de exportação de outros produtos para obter as divisas necessárias para pagar as importações de petróleo e fazer face ao rápido crescimento de suas dívidas externas.

Em termos de valor nominal, o Brasil obteve grande sucesso ao substituir parte do petróleo importado pelo álcool e por novas alternativas energéticas (ANEEL, 2010).

Uma destas alternativas foi o uso de biodigestores anaeróbios para o suprimento energético de propriedades agrícolas, os quais utilizavam como matéria-prima resíduo originados desses cultivos agrícolas e, principalmente, esterco animal. Tal opção, além da produção de gás, promove, necessariamente, a produção de um resíduo líquido contendo alguns nutrientes essenciais às plantas e saneamento do meio. Nesse contexto, órgãos internacionais têm procurado incentivar o estudo de viabilidade do uso de sistemas integrados de produção de energia e alimentos para, da melhor forma possível, utilizar os recursos específicos de cada agro sistema e criar, sempre que possíveis circuitos de realimentação entre diversas atividades de modo a transformar resíduos em riquezas. A análise de tecnologias antes pouco utilizadas dada relação desfavorável de preços/fator produto, poderá tornar-se interessante por permitir que processos produtivos poupadores de insumos sejam viáveis e, assim, mais adequados à realidade das atuais relações de preços do setor agrícola. Isto, certamente, não implica numa visão romântica do saber popular ou numa volta às tecnologias tradicionais. Ao contrário, a proposta visa o casamento da racionalidade camponesa com a moderna tecnologia e a pesquisa científica (ZUIN & QUEIROZ 2006).

Portanto, propôs-se estudar os efeitos do uso de biofertilizante de biodigestor incorporado ao solo em épocas e doses diferentes sobre alguns parâmetros físico-químicos do solo e o desenvolvimento da planta de milho, quando comparado com condições de solo fertilizado com fertilizante mineral e sem nenhum adubo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para se entender o processo físico, químico e biológico que ocorrem no solo, é necessário que se tenha, primeiramente, noção do que é solo, refere-se à camada externa e agricultável da superfície terrestre. Sua origem é a rocha que, por ação de processos físicos, químicos e biológicos de desintegração, decomposição e recombinação, se transformou, no decorrer das eras geológicas, em material poroso de características peculiares. Reconhecem-se cinco fatores na formação do solo: material original (rocha) M, tempo (idade) I, clima C, topografia T e organismos vivos O. Utilizando linguagem matemática pode-se dizer que: Solo = f (M, I, C, T, O), Da combinação dos quatro últimos fatores, atuando em diferentes intensidades sobre O material original, resultam os diferentes tipos de solo. A parte sólida do solo constitui-se de matéria mineral e orgânica. A matéria mineral provém da rocha da qual o solo se formou e a parte orgânica dos animais e vegetais. A espessura da camada de solo varia de zero, em desertos, encostas e altas montanhas a centenas de metros nos antigos pântanos turfosos de Assan (BULLUCK et al, 2002)

O exame casual de uma amostra de solo demonstra que a parcela inorgânica é variável em tamanho e em composição. É geralmente composta de pequenos fragmentos de rocha e de minerais de várias espécies. Na realidade, a natureza e qualidade de solos dependem em parte dos minerais que entram em sua constituição. Além do mais, na composição mineralógica das frações granulométricas dos solos são

encontrados elementos eficientes para o conhecimento da resistência dos solos à erosão e de sua reserva mineral, dados estes importantes para a avaliação da quantidade de elementos assimiláveis e úteis que poderão ser fornecidos às plantas, bem como pela presença ou ausência de minerais altamente influenciados pelo vigor dos agentes climáticos (EMBRAPA, 2006).

A propriedade em fornecer elementos essenciais aos vegetais, depende, entre outros fatores, da composição química e mineralógica da rocha matriz. Esta propriedade do mineral de fornecedor de nutrientes, não se prende somente às quantidades que contenha destes elementos, mas em particular ao clima e a facilidade com que se torna em condições de serem assimilados pelos vegetais. Os minerais podem apresentar composição química a mais favorável e ser desprovido de importância agrícola em virtude da resistência que oferecem à solubilização de seus constituintes químicos, dificultando ou mesmo impossibilitando o seu aproveitamento pelos vegetais (FERNANDES, 2000).

A mobilização de nutrientes depende não somente da resistência que esses minerais oferecem à decomposição, mas também do vigor dos agentes responsáveis pela demolição das suas complexas moléculas. Nos climas tropicais os processos de decomposição são bastante intensos, favorecendo que haja mobilização e perda da riqueza química dos minerais de maneira mais rápida e fácil. Inúmeros são os minerais que desempenham o importante papel de fornecer nutrientes às plantas. Entretanto, poucos são aqueles que apresentam maior importância agrícola, pois nem todos podem ser considerados como fonte de elementos nutritivos aos vegetais. É por esta razão que a importância agrícola dos minerais está na dependência, não somente da quantidade dos elementos nutritivos presentes na molécula mineral, mas também, da facilidade em passar à formas mais simples capazes de serem assimiláveis, fatos estes que restringem de muito o número de minerais a serem estudados como responsáveis pela formação e natureza dos solos (IZZO et al, 1991).

Matéria orgânica, sob o ponto de vista químico é toda substância que apresenta em sua composição o carbono tetra covalente, tendo suas quatro ligações completadas por hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre ou outros elementos. Somente as bactérias

autotróficas e as plantas clorofiladas são capazes de sintetizar a matéria orgânica a partir de elementos minerais e dos compostos simples. Quando a matéria orgânica sintetizada pelas plantas é ingerida pelos animais, partes dos componentes são destruídas e seus elementos químicos dão formação a gases ou compostos minerais mais simples como o gás carbônico, água, fosfatos, sulfatos, amônio e sais potássicos (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Alimentando-se de plantas ou de seus subprodutos, os animais sintetizam seus próprios tecidos. Quando os resíduos vegetais e animais são incorporados ao solo ou sofrem o processo de fermentação, numerosos microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, além de vermes e insetos, passa a atacar esses materiais. Alguns componentes da matéria orgânica são utilizados pelos microrganismos para a formação de seus tecidos, outros são volatilizados e outros são transformados biologicamente em uma substância uniforme, com baixa consistência e aspecto de massa amorfa, rica de partículas coloidais, proporcionado a esse novo material formado, propriedades físicas, químicos e físico-químicos inteiramente diferentes da matéria-prima original. A essa substância dá-se a denominação de húmus. Na matéria orgânica encontram-se dois tipos de substâncias: a denominada matéria orgânica ativa, que ainda não se decompôs e que por fermentação pode originar o húmus, e a matéria orgânica inativa ou humificada, não mais sujeita a decomposição intensa (JANZEN et al, 1992).

A fração húmica coloidal age principalmente sobre as propriedades físicas e físico-químicas do solo, não sendo considerada a principal fonte de nutrientes para as plantas; a fração não húmica, ativa, que está em decomposição, é a principal fornecedora de nutrientes. A velocidade de formação do húmus, a partir de substâncias cruas, depende da natureza física e química dessa matéria-prima, dos microrganismos e das condições em que ocorre a fermentação, tais como umidade, aeração da massa, temperatura, pH e outros fatores. Os resíduos vegetais e animais constituem fontes produtoras de húmus. Nas propriedades agrícolas as principais fontes de húmus são os resíduos das culturas, os adubos verdes, os esterco animais e resíduos agroindustriais (COELHO 2008).

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica no solo, os resíduos são atacados pelos variados microrganismos, insetos e vermes. Se essa decomposição se dá em meio aeróbio, haverá consumo de oxigênio e formação de gás carbônico e amônia, está sendo liberada na atmosfera quando a matéria-prima é muito rica em nitrogênio. Como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, haverá desprendimento de calor, o qual se acumulará; como consequência se a massa estiver isolada termicamente, a temperatura da massa poderá alcançar níveis elevados, em torno de 70 a 80° C. Com o prosseguimento do processo e o desaparecimento dos materiais de fácil decomposição, a fermentação vai se tornando menos intensa até desaparecer, quando o material é considerado estabilizado; se houver muita perda de umidade do material ainda em decomposição, a fermentação será interrompida, dando a falsa impressão de que se atingiu o final do processo (BULLUCK et al, 2002).

A parte sólida do solo constitui-se de fragmentos de matéria mineral e orgânica de diferentes formas, tamanhos e constituição. Sua distribuição, quanto a forma e arranjo no perfil de solo, é denominada de estrutura. Este arranjo, organização e orientação das partículas é que determina os espaços vazios ou poros disponíveis para a penetração de fluídos: gases, como O₂, CO₂, N₂, NH₃, etc.; vapores, como vapor d'água e líquidos, como a solução do solo. A junção de partículas do solo dá origem a agregados. Estes são classificados quanto à forma (prismáticos, laminares, colunares, granulares e blocos), quanto ao tamanho e ainda, quanto ao seu grau de desenvolvimento e estabilidade (LOSS et al, 2009).

Um solo bem agregado apresenta quantidade de poros de tamanho relativamente grande. Um solo sem agregação pode apresentar uma quantidade maior de poros diminutos. Estas características são de importância fundamental para os processos de penetração de água e das raízes e para a circulação de ar no perfil do solo. Quanto ao tamanho das partículas do solo, algumas são suficientemente grandes para serem vistas a olho nu e outras tão pequenas a ponto de apresentarem propriedades coloidais. O termo textura se refere à distribuição das partículas do solo tão somente quanto ao seu tamanho (BRANCALIÃO & MORAES, 2008).

Cada solo recebe uma designação quanto à textura, o que nos dá uma idéia do tamanho das partículas mais freqüentes. Tradicionalmente, as partículas do solo são divididas em três frações de tamanho chamadas frações tesourais: areia, limo e argila. Pode-se dizer que partículas de diâmetro entre 2 e 0,02 mm se enquadram na fração areia; partículas com diâmetros entre 0,02 e 0,002 mm se enquadram na fração limo; partículas de diâmetro menor que 0,002 mm pertencem à fração argila. Algumas grandezas geométricas são muito utilizadas na descrição da parte sólida do solo e de seu arranjo. A primeira delas é a porosidade (d), que representa a relação entre o volume não ocupado por partículas sólidas e o volume total. A porosidade é, então, uma medida do espaço total disponível para o ar e a água. Quando todo o espaço é ocupado pela água, o solo é denominado "saturado", quando ocupado pelo ar, o solo é denominado "seco". A porosidade nos dá uma idéia do arranjo, número, distribuição e forma dos poros. A porosidade é, ainda, afetada pela compactação do solo. A compactação é definida em função da densidade do solo. A densidade do solo, por outro lado, é dividida em densidade das partículas (d_p) e densidade global (d_g). A densidade das partículas é a relação entre a massa de matéria sólida de determinada amostra de solo e o volume das partículas sólidas desta amostra. A densidade global é a relação entre a massa de matéria sólida de uma amostra de solo e o volume total desta amostra. A densidade das partículas depende de sua constituição e como esta varia relativamente pouco, de solo para solo, ela não varia excessivamente entre diferentes solos. A média para uma grande variedade de solos minerais é da ordem de $2,65 \text{ g/cm}^3$. Se a constituição do solo for muito diferente, como é o caso de solos turfosos (com muita matéria orgânica) o valor apresentado pode ser bem mais baixo (PREZOTTO, 1992).

A densidade global é uma medida da compactação do solo. Quanto mais compactado um solo, maior a quantidade de matéria sólida por unidade de volume total e, portanto, maior a densidade global. Solos arenosos possuem, via de regra, densidade global mais alta ($1,5$ a $2,0 \text{ g/cm}^3$) e a sua variação não é muito grande devido a maior dificuldade de serem compactados e descompactados. Solos argilosos,

pelo fato de poderem ser compactados com maior facilidade, apresentam uma variação maior da densidade global (1,0 a 1,8g/cm³), mas geralmente sua densidade global é menor que a de um solo arenoso. Em condições de campo, a porosidade e a densidade global podem variar bastante com a profundidade e de local para local. Esta variabilidade depende do tipo de solo e das condições particulares de sua gênese. Na camada arável estas propriedades variam mais ainda (STEVENSON, 1982)

A fermentação anaeróbia da matéria orgânica (substrato) pode ser realizada em aparelhos denominados de biodigestores, os quais proporcionam condições adequadas para o bom desenvolvimento do processo. Como matérias-primas para alimentar o biodigestor podem ser utilizadas esterco animais e suas camas, dejetos humanos, resíduos vegetais como restos de Culturas, resíduos de benefícios de produtos agrícolas, cascas, resíduos de curtumes, sucos, bagaço de cana, Vinhaça, plantas aquáticas, resíduos de frigoríficos, enfim, matérias orgânicas em geral, desde que não contenham substâncias tóxicas, solventes e antibióticos, materiais que perturbariam ou mesmo interromperiam o processo fermentativo (AMARAL et al, 2004).

O substrato a ser fermentado pode ser de consistência sólida ou líquida, o que, no final proporcionará um resíduo denominado de "efluente de biodigestor". O efluente de biodigestor poderá conter lignina, celulose não digerida, lipídeos, substâncias orgânicas que compunham o material original, substâncias sintetizadas pelos microrganismos, elementos minerais, etc. O importante no processo de fermentação metanogênicas é que os nutrientes encontrados nos resíduos vegetais e animais empregados como substratos não se perdem, podendo ser aproveitados como fertilizante. Na digestão anaeróbia há maior retenção de nitrogênio do que na decomposição aeróbia, isto pelo fato das bactérias anaeróbias utilizarem pequena quantidade de nitrogênio dos resíduos vegetais e animais para sintetizar proteína; conseqüentemente, quase todo o nitrogênio usado para alimentar o biodigestor estará, no final do processo, em forma disponível para as plantas. As perdas que se verificam são dos elementos carbono, oxigênio, hidrogênio e parte do enxofre, que saem na forma de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e gás sulfídrico (H₂S). A utilização do efluente de biodigestor como adubo dará, portanto, o mesmo resultado que seria obtido

com as matérias-primas empregadas como substratos. Cerca de 70% das substâncias orgânicas decomponíveis contidas no substrato serão digeridas em condições favoráveis de fermentação, portanto, o efluente de biodigestor deve conter os outros 30% do peso original. Como o efluente de biodigestor ao sair pelo tubo de descarga apresenta-se com 90% ou mais de água, a utilização como fertilizante só é possível se aplicado com distribuidores de fertilizante líquido especialmente construídos para esta finalidade, ou então, juntar resíduos sólidos para absorver a água e transformá-lo em fertilizante sólido (BARCELLOS, 1991).

Os passos metabólicos envolvidos na digestão anaeróbia e a interrelação entre os microrganismos podem ser descritos como: no primeiro estágio, compostos orgânicos complexos são hidrolisados resultando compostos menores através de enzimas produzidas por bactérias fermentativas; no segundo estágio, a acidogênese, ocorre a formação de H_2 , CO_2 , acetato e ácidos orgânicos com cadeias maiores que o acetato devido as atividades das bactérias fermentativas; o terceiro estágio, acetogênese, os ácidos orgânicos formados são convertidos em H_2 e acetato pelas bactérias acetogênicas e uma parte do H_2 e CO_2 disponíveis são convertidos a acetato pelas bactérias homoacetogênicas; o quarto e último estágio envolve um grupo de bactérias metanogênicas, capazes de reduzir o CO_2 e descarboxilar o acetato para formar metano (CH_4) (GALBIATTI et al, 1996)

As bactérias são responsáveis pela digestão anaeróbia, contudo, alguns outros microrganismos podem ter um papel importante no estágio inicial da fermentação. É o caso dos protozoários flagelados ligados ao trato digestivo dos térmitas e alguns fungos que vivem no rúmen, capazes de produzir enzimas que atuam na quebra de materiais líquido-celulósicos. É também constatada a presença de um pequeno número de protozoários, fungos e leveduras em biodigestores, ainda que com pouca importância. Em síntese, as bactérias envolvidas no processo são divididas em grupos tais como: bactérias fermentativas, bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio, bactérias homoacetogênicas, bactérias metanogênicas e bactérias redutoras de sulfato (BEZZERRA et al, 2008).

A comprovada influência benéfica da incorporação de matéria orgânica ao solo tem sido relacionada a diversas modificações de suas propriedades químicas, como a elevação da capacidade de absorção catiônica, diminuição da lixiviação de nutrientes por sua ação quelante, além de ser fonte de nutrientes que são liberados por reações de mineralização. O efeito físico causado pela matéria orgânica no solo é muito importante para o desenvolvimento dos vegetais; seu efeito na melhoria da estrutura do solo constitui um fator positivo para o desenvolvimento das raízes (BULLUCK et al, 2002)

Esta melhora está relacionada também, com o regime de água, pois, melhorando a capacidade de infiltração, acelera o processo dinâmico da água no solo. A incorporação de matéria orgânica ao solo pode modificar todos os parâmetros que o caracterizam e as influências mais evidentes aparecem na capacidade de absorção de cátion, pelo solo, na disponibilidade de nutrientes e, ainda, sobre as propriedades físicas do solo, principalmente cor, granulação, plasticidade e capacidade de retenção de água (IZZO et al, 1991).

Na produção agrícola a adição de diferentes formas de matéria orgânica tem sido interpretada como uma forma de substituir parcialmente os fertilizantes minerais, (ARAÚJO et al, 2007).

O retorno à fertilização orgânica tem crescido nos últimos anos, como alternativa de substituição total ou parcial dos fertilizantes minerais, cada vez mais dispendiosos, que encarecem demasiadamente a produção. A recomendação de fertilizantes orgânicos na agricultura brasileira é uma prática antiga, mas a intensidade de utilização tem sido relativamente pequena. Quando se comparam os teores de nutrientes presentes no esterco natural e nos biodigestores, geralmente a literatura de efluentes tem mostrado incrementos para a maioria dos elementos após o esterco sofrer o processo de biodigestão. Explica esses aumentos proporcionais como decorrentes da perda de outros elementos químicos na forma de gás, de tal modo que os maiores teores observados nos efluentes não correspondem a aumentos em quantidade de elementos e sim, na concentração destes no resíduo (MENEZES & SALCEDO, 2007).

A incorporação no solo, com a finalidade de atuar como fertilizante, é o uso mais comum dado ao efluente de biodigestores. Sem dúvida, uma grande vantagem dos biodigestores rurais é o estímulo à reciclagem controlada do material orgânico sendo, nesse sentido, difícil atribuir-se maior valor à tecnologia pelo que ela representa em termos de um enfoque relacionado à biofertilizante e saneamento ambiental ao reduzir nocividade em relação aos resíduos animais não tratados. (AMARAL et al, 2004).

A qualidade fertilizante do efluente é função principalmente, do tipo de substrato e da maneira com que se desenvolve o processo a que determinado substrato é submetido. A digestão remove parte da celulose, hemicelulose, pectina e outros carboidratos, além de gorduras, dos chorumes de excrementos de animais. O efluente contém fibras lignificadas que não são degradadas anaerobicamente e pouco degradadas por microrganismos aeróbios, sendo que o material fibroso tem pouco valor fertilizante como o NPK, mas atua como fonte de húmus e como condicionador dos solos, ficando o valor fertilizante, principalmente, nas partículas coloidais do efluente e nas células bacterianas (FIELD, et al, 1983).

Estudos já mostravam que a aplicação de esterco de curral no solo aumentava a permeabilidade à água se comparados com solos de locais onde não se incorporava esterco animal (ARAÚJO et al, 2007 e SILVA et al, 2004).

A grande capacidade de retenção do húmus é devida não só às suas características físicas, mas, também, a certos constituintes como a celulose e a hemicelulose. A absorção de água por esta partícula, altamente hidrófila, causa sua expansão (LOSS et al, 2009).

Após estas considerações relatam-se trabalhos de pesquisa desenvolvidos por pesquisadores que procuraram comprovar a validade destas relações., trabalhos com as culturas de trigo, milho e trevo, adubadas durante 32 anos consecutivos com fertilizante mineral e esterco bovino (60 e 250 toneladas por hectare) em um solo argiloso, observou que as parcelas tratadas com esterco apresentaram o solo com teores de umidade superior as demais; houve uma melhor agregação das partículas de solo nas parcelas adubadas com esterco, ocorrendo uma alta significância e coeficiente de correlação positiva entre porcentagem de agregado do solo (maior que 1 mm de

diâmetro) e matéria orgânica. A porcentagem de agregado do solo refletiu a variação da matéria orgânica (STEVENSON, 1982)

Trabalhos com diversas culturas em rotação, em um solo tipo argilo-arenoso em condições de irrigação, adubados anualmente com 25 toneladas por hectare de esterco bovino e adubo mineral. Observaram que após duas horas de irrigação a taxa de infiltração da água no solo mantinha-se constante; o uso contínuo de esterco bovino em um solo arenoso diminuiu a taxa de infiltração; obtiveram correlação linear entre infiltração da água e a densidade aparente do solo; concluíram, também, que o cultivo e a prática de estercação têm maior efeito na taxa de infiltração da água no solo que a variação textural no perfil (MENEZES & SALCEDO, 2007).

A eficiência do esterco de bovino e da torta de cacau, em combinações com fórmulas contendo apenas nitrogênio, fósforo e micro nutrientes foi testada e observou-se que os tratamentos em que foram incorporadas tortas de cacau e esterco de bovino, isolados ou em combinações com outros adubos, foram superiores aos demais (MAGALHÃES, 2001).

Em experimentos de longa duração, que envolviam fertilização orgânica e mineral, observou vários tipos de ação da adubação orgânica notou-se que a estercação promove acumulação de húmus, enquanto que a adubação mineral pode, no máximo, manter o nível inicial. Os trabalhos abordados nesse experimento levam a crer que, após a adubação mineral, o húmus se estabiliza a um nível bem baixo e que após a adubação orgânica, depois de um aumento inicial do nível de húmus do solo, esse decresce até um ponto de equilíbrio dinâmico em que toda a quantidade de matéria orgânica se mineraliza. Este ponto seria um reflexo das práticas agrícolas, segundo alguns autores referidos no trabalho Os efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades físicas, biológicas e físico-químicas do solo são possíveis, uma vez que não se subtrai a ação de substâncias fisiologicamente ativas oriundas do húmus. O autor refere-se, também, a experimentos em que quantidades iguais de nutrientes, porém de origens diferentes, tiveram efeitos claramente distintos sobre o rendimento da cultura. Pesquisas demonstraram que quantidades até menores de nutrientes

disponíveis em esterco, do que sob forma mineral, resultaram em rendimentos favoráveis (STEVENSSON, 1982).

Os experimentos desenvolvidos durante dois anos em um solo tipo argiloso cultivado com a cultura de milho, usando como fertilizante orgânico o esterco de bovino confinado nas doses 0, 80, 240 e 520 t ha⁻¹ ano⁻¹, observaram que a taxa de infiltração da água no solo aumentou com a dose de esterco incorporado ao solo. A taxa de infiltração básica aumentou com o passar do tempo em relação à aplicação de esterco. A prática da estercação diminuiu a infiltração básica se comparado à condição sem estercação. A profundidade de cultivo não afetou apreciavelmente a infiltração básica (SILVA FILHO, 2007).

Durante dois anos, estudos em um solo tipo argiloso cultivado com plantas de sorgo adubadas com esterco de bovino confinado com doses iguais a 0, 80, 240 e 520 t ha⁻¹ ano⁻¹, com o objetivo de determinar a amplitude da poluição da superfície do solo e da água devido a aplicação de altas taxas de esterco em locais irrigados, bem como determinar o efeito da aplicação de altas doses de esterco na produção de culturas esses estudos concluíram que a aplicação de grandes quantidades de esterco reduziu a condutividade hidráulica do solo; não ocorreram diferenças estatísticas entre os valores da condutividade hidráulica dos tratamentos estercados; a condutividades hidráulica esta relacionada com os percolados do solo, principalmente aqueles que contêm sódio e potássio. Também verificaram que, quanto maior a quantidade de esterco incorporado no solo, menor a densidade deste. Quanto à produtividade da cultura, observaram que a dose 520 t ha⁻¹ ano⁻¹ foi prejudicial e as doses 80 e 240 t ha⁻¹ ano⁻¹ foram benéficas aumentando as produtividades (ZHANG, 1997).

Experimento desenvolvido durante oito anos em área que não havia sido fertilizada anteriormente, onde o solo era de floresta, com característico médio argiloso. Aplicaram-se 36 toneladas de esterco por hectare por ano. Observaram-se o efeito nas características agroquímicas do solo, na microflora, fauna e produção. Os autores consideraram o controle das comunidades de organismos do solo como um dos meios mais importantes de se manter a produtividade do solo. Ressaltaram que a meso e micro fauna e flora são importantes elos no ciclo de nutrientes do solo. Os fertilizantes

orgânicos e, em menor grau os minerais, produziram considerável acréscimo no número de microrganismos e na atividade metabólica do solo, independente da vegetação. A mesofauna reagiu positivamente á fertilização orgânica em todos os casos, cada grupo reagindo de uma maneira sob condições diferentes. Assim, alteraram-se as proporções nas comunidades fertilizadas. No geral, as reações, mas fortes foram em solo sob repouso. O maior aumento no número de colêmbolos e acaróides em resposta á fertilização orgânica ocorreu com o milho e o centeio de inverno. Com o solo em repouso, em todos os casos, a adubação com NPK causou um decréscimo na população dos organismos formadores de húmus, tais como enquitricídeos e microastrópodos. Fertilizantes minerais podem também prejudicar invertebrados do solo sob cultura. Nessa pesquisa foi demonstrado que, a depender do solo, sob cultura de milho, a adubação mineral diminui o desenvolvimento de nematóides e enquitricídeos, enquanto aumenta o de ácaros e colêmbolos. Foi observado um distúrbio causado por fósforo na forma de superfosfato sobre quase todos os grupos da microfauna e flora do solo, porém, foram obtidos dados que comprovam que NPK estimula o desenvolvimento da microflora em repouso (VILLELA JÚNIOR et al, 2007).

Trabalhos com o objetivo de verificar a influência da fertilização com esterco bovino confinado em doses que variavam de 0 a 580 t/ha, em um solo tipo barro argiloso, durante três anos, com as culturas de sorgo e milho para silagem, observaram que a incorporação de esterco no solo afetou suas propriedades físicas, químicas e biológicas; houve aumento da agregação do solo, com conseqüente aumento na porosidade e diminuição da densidade do solo, bem como aumento de NPK à medida que as doses de esterco aplicadas foram aumentadas. Observaram também, o aumento na condutividade hidráulica e produção de silagem com o aumento das doses de esterco. A dose 360 ton/ha foi a que promoveu melhores produções de silagem (LEAL & SILVA, 2002).

Estudos desenvolvidos por com o objetivo de detectar as mudanças nas propriedades físicas do solo induzidas pelo uso de esterco de vários tipos de animais. Incorporou em um solo tipo argiloso arenoso, nas proporções variando de 0 a 10% do

volume, esterco de bovino confinado, de vaca leiteira, de aves poedeiras, de aves de engorda, suíno, de cavalo e de carneiro. Observou que, na medida em que se aumentou a porcentagem de esterco, diminuiu densidade do solo; houve um aumento na capacidade retenção de água no solo com o aumento da porcentagem e função do tipo de esterco (quanto menor o diâmetro Partícula maior a retenção); a condutividade hidráulica em solo saturado (K_0) foi mais influenciada pelos esterco fibrosos, quanto maior o tamanho da partícula maior foi K_0 , portanto o esterco de galinha diminuiu com maior intensidade o K_0 (SHARPLEY & MOYER, 2000).

Estudos que aplicaram em um solo argiloso 0, 80, 160 e 240 t/ha de composto de esgoto e esgoto fermentado anaerobicamente. Verificaram que, no geral, a umidade do solo foi maior nas condições com fertilizante orgânico que na testemunha, sendo maior no lodo fermentado que no composto. Também verificaram que o solo reteve maior quantidade de água quando se aplicou o esgoto fermentado e menor na testemunha. Concluíram, portanto, que o esgoto fermentado anaerobicamente aumentou a viabilidade hídrica do solo, pois esta é função da retenção de água e a taxa de movimento da água no solo. Isto foi mais evidente a medida que se aumentou as doses aplicadas (THOMAS & ASAKAWA, 1993).

Em estudos foi verificado que o esterco bovino pode suprir de nutrientes as plantas sem causar significantes impactos ambientais se utilizado com manejo apropriado. O principal problema está na produção de nitrato (NO_3) e a grande quantidade de sais. Quantidades ao redor de 30 toneladas, aplicadas anualmente, durante 15 anos, aumentou a salinidade do solo, porém não chegou a afetar o desenvolvimento das culturas. Observaram, também, que o esterco proveniente de 5 vacas pode suprir a necessidade de nitrogênio para meio hectare de uma cultura de milho. A dificuldade está no fato de que desde o momento da excreção pela vaca ate a utilização pode haver 50% de perda do N para a atmosfera (MEYER et al, 1976).

Trabalhando com esterco de bovino leiteiro incorporou em um solo tipo barro arenoso com doses equivalentes a 0, 22, 44, 89, 178 e 267 t/ha durante 3 anos consecutivos e cultivou milho rotacionado com centeio no inverno, verificou que a aplicação de 22 e 44 t/ha foi mais efetiva que doses maiores em estimular o

desenvolvimento do milho, mas a produção de centeio para forragem não foi afetada pela aplicação de esterco. As doses mais altas promoveram acúmulo de nitrato no solo e nas plantas. Verificou, portanto, que a dose mais recomendada seria 44 t/ha, pois esta promoveu o melhor desenvolvimento das plantas e não houve acúmulo de nitrato (BARCELLOS, 1991).

Estudos do efeito do uso de esterco, de bovino confinado, em um solo argiloso cultivado com a cultura do sorgo irrigada por sulco, durante 3 anos, a doses equivalentes a 0, 22 e 67 toneladas de esterco por hectare e 224 kg de nitrogênio por hectare (nitrato de amônia) por ano. Dos resultados verificaram que no primeiro ano de experimentação o efeito do esterco sobre o tempo de avanço da água no sulco foi pouco evidente. No final do 3º ano, observaram que o esterco provocou um aumento no tempo de avanço da água no sulco, aumentou a taxa de infiltração da água no solo, bem como a dose de 22 toneladas por hectare de esterco já foi suficiente para promover acréscimos em produção e na água disponível. Estes efeitos foram acentuados nos tratamentos em que utilizou doses superiores. A incorporação de esterco no solo não contribuiu significativamente com o aumento de NO_3 ou Cl na água escoada. Indicou, portanto, que a qualidade da água não foi afetada com a aplicação de esterco no solo nas doses estudadas (SILVA FILHO, 2007).

Experimentos desenvolvidos com a cultura do milho, em um solo tipo barro argiloso, onde se aplicou esterco de aves de postura nas doses equivalentes a 27, 54, 85 e 110 toneladas por hectare por ano. Verificaram que durante a primavera a atividade dos invertebrados do solo aumentou nos tratamentos estercados; a densidade do solo foi reduzida; a porcentagem de agregados estáveis a água aumentou; as parcelas esterçadas ficaram mais úmidas principalmente e início do verão; a taxa de infiltração diminuiu nos estercados, provocado por uma camada de esterco não decomposto a 20 cm de profundidade. Todos estes efeitos foram crescentes com o aumento das doses de esterco aplicadas (LEAL & SILVA, 2002).

Realizando experimentos de campo no Japão no sentido de verificar os efeitos sobre a produtividade do arroz, em decorrência da aplicação ao solo de grandes quantidades de esterco de porco e de suplementação de NPK, assim como o efeito

residual deste fertilizante orgânico, observou-se que a maior produção verificada foi de 5,13 t/ha com a aplicação de 25 t/ha de esterco de porco, com suplementação de NPK, no ano de 1977; em 1978 a produção foi de 4,5 t/ha com a aplicação de 14,5 t/ha de esterco e sem NPK suplementar. Quando nenhum tipo de adubo foi aplicado, as produções verificadas foram de 4,9 t/ha em 1977 e 4,3 t/ha em 1978. Maiores quantidades de fertilizante orgânico não apresentaram efeitos favoráveis (FUJYUAMA et al, 1979).

Trabalhos de pesquisas em um período de 6 anos em um solo tipo argilo-arenoso, com milho e centeio onde aplicaram ao solo esterco de vaca leiteira nas doses equivalentes a 0; 22,5; 45; 90; 180 e 270 toneladas por hectare nos três primeiros anos e os três seguintes sem adubação, verificaram que a produção de grãos aumentou com a dose de esterco, ocorrendo tal efeito por um período de 3 e 4 anos após a interrupção da estercação, nas doses 45 e 90, 1 e 180 e 270 toneladas por ha, respectivamente. As altas doses (180 e 270 t/ha) aumentaram o pH, o teor de k, Mg e P e a capacidade de troca catiônica do solo. Estes fatores contribuíram para a maior produção nos solos esterçados (LUND & DOSS, 1980).

Em experimentos com composto de esterco verificou que com manejo adequado dos solos arados, pode-se aplicar quantidades de 50 a 100 m³/ha em ciclos de 2 a 2 anos, a aplicação deve ser antecipada ao cultivo devido as relações fisiológicas desfavoráveis que ocorre no solo. Com estes cuidados ocorre enriquecimento de nutrientes, especialmente de N, P, Ca e Mg. Quanto ao nitrogênio ocorre lixiviação a taxas que depende da precipitação e do tipo de solo; Ca e Mg lixiviam em quantidades maiores que os adubos clássicos (BOGUSLAWSKI ,1980).

Investigações dos efeitos da aplicação de grandes quantidades de chorume no solo sobre o acúmulo de macronutrientes em algumas culturas durante o período de crescimento, ensaios em campo no período de 3 anos, com milho adubado convencionalmente e com chorume em quantidades equivalentes a 1200 a 1800 kg de N/ha. Os tratamentos com chorume apresentaram maior acúmulo de NPK nas folhas e menor de Ca e Mg (BARCELLOS, 1991).

Ensaio com trigo de inverno e centeio receberam fertilização mineral e doses de chorume equivalentes a 250 e 350 kg de N/ha. O centeio não apresentou diferenças significativas quanto ao acúmulo de nutrientes nos grãos. No trigo, os tratamentos com esterco aumentaram significativamente o teor de K e diminuíram os teores de N, Ca e Mg, quando comparados com aqueles que receberam apenas adubação mineral; a produção de grãos foi significativamente menor que com fertilizante mineral para pequenas quantidades de chorume e maior para altas quantidades (BARCELLOS, 1991).

Chorume em quantidades equivalentes a 400 e 600 kg de N/ha, para o tomate, e 600 e 1000 kg de N/ha, para beterraba açucareira, não afetou o acúmulo de nutrientes nas folhas, nem a produção ao se comparar com os tratamentos que receberam adubação mineral e menores quantidades de chorume (BARCELLOS, 1991).

Ensaio com o objetivo de testar a eficiência de diversos substratos, na formação de mudas de cacau, em condições de viveiro, utilizou-se como substrato uma mistura de terra roxa estruturada (75%), latossolo vermelho amarelo, fase arenosa (25%) e fertilizante mineral. Os tratamentos constaram de diferentes fontes de matéria orgânica, ou seja, esterco de galinha fermentado (10% do volume), esterco de curral (40% do volume), torta de mamona fermentada (2% do volume e duas dosagens do produto comercial Hipes Humus 1% e 2% do volume). Como resultados, o melhor desenvolvimento das plantas de cacau tanto em altura como em diâmetro do caule, para os tratamentos em que se aplicou esterco de curral ou esterco de galinha; verificando ainda aumento na relação parte aérea/sistema radicular nestes tratamentos (FASIABEN & COSTA, 1981).

Em estudos com solo orgânico observou que na medida em que a humificação era aumentada, havia uma diminuição na densidade do solo, portanto as características físicas do solo estavam relacionadas com o estado da matéria orgânica. Ao se aumentar a quantidade de matéria orgânica teve-se, inicialmente, uma quantidade grande de água absorvida, aumentado até um pico, diminuindo em seguida. Isto pode ser explicado pelo envolvimento inicial do húmus nas partículas de solo e em seguida com o aumento do teor há obstrução dos poros. Verificou, também, que a presença de

matéria orgânica no solo decresce a taxa de infiltração dos solos arenosos (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Estudos realizados com efluente de biodigestor tendo como substrato o esgoto urbano e industrial. O experimento foi desenvolvido em vasos tipo lisímetro e vegetado com trevo para alimentação animal, onde se verificou que o grande problema foi a contaminação por metais pesados, mas houve uma maior produtividade de massa verde nas condições em que se aplicou efluente ao solo, sendo mais evidente na dose equivalente a 1 tonelada por hectare, (GENEVINI et al, 1982).

Trabalhos no período de 8 anos, estudaram os efeitos da incorporação de esterco de bovino confinado, em doses que variavam de 0 a 540 toneladas por hectare em solo argiloso sobre as culturas de sorgo, algodão e cevada. Observaram que a aplicação de esterco resultou em uma grande perda de N; aumento do nível de K; aumento do P viável e aumento da taxa de absorção da água durante a estação de cultivo. A água disponível mostrou se comportar linearmente à aplicação de esterco. O aumento da taxa de infiltração, durante a estação de cultivo, seria importante em áreas afetadas pela salinidade, pois no solo estudado aumentando-se em 1% o teor de matéria orgânica, o tempo requerido para infiltração da água diminuiu em 31%, evitando altas taxas de evaporação (THOMAS & ASAKAWA, 1993).

Em um estudo de 12 anos, em um solo arenoso em condições de irrigação aplicou-se diversos tipos de material orgânico (palha de trigo, casca de árvore, bagaço de uva, esterco bovino e colmos de milho), nas culturas de batata e milho, em doses equivalentes a 3 toneladas de carbono por hectare. Observou-se que a adição de matéria orgânica ao solo aumentou a água disponível e o teor de nutrientes no solo, com conseqüente aumento da produtividade, observou-se, ainda, que a razão da eficiência destes aditivos não ficou bem clara, embora possa ser explicada pelo fato do aumento da água disponível e a capacidade de troca de cátions sofrer influência do enriquecimento do solo em matéria orgânica. O efeito dos diferentes resíduos foi semelhante, embora fosse variável o nível de enriquecimento do solo em matéria orgânica (DELAS & MOLOT, 1983).

Em estudos realizados em 5 tipos de solos (desde arenoso até argiloso) verificou-se um decréscimo na taxa de infiltração de esterco líquido de suínos e bovinos à medida que aumentava a porcentagem de partículas finas, aumentando a umidade e a densidade global do solo. Verificou-se também que um alto conteúdo de matéria sólida inibiu mais fortemente a infiltração; a vegetação e rotação de cultura melhoraram a infiltração; o chorume de bovino infiltrou no solo mais lentamente que chorume de suíno e que a equação de regressão entre infiltração acumulada e taxa de infiltração potencial deve ser considerado para recomendar o uso de chorume na forma de aspersão (BISCHOFF, 1984).

Com o objetivo de caracterizar qual a melhor dose e época de aplicação de esterco de suíno e cama de aves, foi incorporado ao solo 5,4 tonelada por hectare de esterco de suíno e 5, 10 e 15 tonelada por hectare de cama de aves. Estas doses foram incorporadas no solo aos 10 e 60 dias antes da semeadura do milho, também, usou-se como tratamento a associação destes adubos orgânicos com P, K e uréia. Desta maneira observou que a produção de grãos aumentou com o aumento da quantidade de esterco aplicado; que o esterco de aves foi mais eficiente e que a época não foi importante na presença de uréia embora, na ausência desta, a aplicação mais próxima à semeadura tenha se apresentado melhor (ERNANI, 1984).

Os estudos desenvolvidos em solo tipo barro argiloso, aplicaram doses de 0, 22, 67, 134, 268 e 536 toneladas por hectare de esterco bovino, nas culturas de sorgo, milho e trigo. Os resultados mostraram que a aplicação de esterco promoveu maior produção das culturas, embora as doses maiores (268 e 536 t/ha), ao longo dos anos, tenham começado a prejudicar o desenvolvimento destas devido ao acúmulo de sais. Também verificaram que houve uma diminuição linear da densidade global com a dose de esterco, bem como um aumento na condutividade hidráulica (BEZERRA et al, 2008).

Em estudos dos efeitos de fertilizações orgânica e mineral, durante 20 anos, em um solo sob repouso, observou-se que as propriedades dos solos tratados com altas doses de fertilizantes mudaram consideravelmente; que a estercagem causou intensificação da mineralização do carbono, o que aumenta a estabilidade da matéria orgânica e que houve acréscimo na capacidade potencial da biocenose do solo de

mineralizar e estabilizar a matéria orgânica simultaneamente, imobilizando fontes externas de nitrogênio. Tratamentos com fertilizantes minerais não alteraram a mineralização do carbono e diminuíram a atividade potencial da microflora e a estabilidade da matéria orgânica do solo. As transformações de nitrogênio foram lentas. Em solo nú, o número de microrganismos foi fortemente reduzido. Bactérias celulíticas quase acabaram e as populações de *Azobacter* foram diminuídas ou suprimidas. O componente biológico de um solo desempenha papel importante nas mudanças da matéria orgânica. Resíduos orgânicos asseguram condições favoráveis para a atividade e para o início de mudanças microbiológicas na matéria orgânica. Métodos bioquímicos e biológicos indicaram uma melhora expressiva na fertilidade do solo após a estercagem e uma deterioração após o uso prolongado de altas doses de fertilizantes minerais (POKORNA-KOSOVA, 1984).

Conduzindo um experimento para determinar o efeito da aplicação de esterco líquido de suínos, alimentados com diferentes níveis de sal (0,2 ou 0,5% em um solo tipo argiloso e um tipo barro argiloso na cultura do milho o esterco foi deixado fermentar em condições anaeróbias e aeróbias foram aplicadas durante 3 anos doses equivalentes a 90, 180 e 270 t/ha. Em um estudo observou-se que aumentando a dieta de sal aumentou o nível de Na no esterco. Alta aplicação de esterco não produziu efeito negativo na produtividade de milho, embora a dose de 90 t/ha já tenha excedido a necessidade de nutrientes. O efeito da fermentação aeróbia e anaeróbia na produção e composição da planta de milho não foi significativo (BARCELLOS, 1991)

Trabalhos mostraram a eficiência do chorume de suíno e bovino em condição de aerobiose e digestão anaeróbia o chorume em aerobiose possui menos quantidade de nitrogênio que em anaerobiose. Observaram, também, que o tipo e quantidade de chorume aplicado têm maior efeito sobre as plantas que o método de preparação do chorume, principalmente o de suíno (BESSON et al, 1985).

Estudos do efeito da digestão anaeróbia na composição e qualidade de resíduos de cereais. Verificaram que o efluente de biodigestor tem menor conteúdo de matéria orgânica e um alto conteúdo de nitrogênio amoniacal; efluente de biodigestor melhorou

as propriedades físicas do solo, principalmente daqueles pouco férteis; que o efluente nunca deve ser aplicado por aspersão ou em horário com muito sol, pois há perda de N amoniacal por evaporação; que deve ser aplicado na fase em que a cobertura necessita de nutrientes para crescimento; evitando assim o risco do nitrogênio lixiviar, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica (ERNANI, 1984).

Desenvolvendo estudos com efluente de anaeróbia tendo como substrato esterco de aves de usando doses equivalentes a 753, 3.756 e 7.530 mg de sólidos por kg de solo, em condições de laboratório, observaram que a absorção de fósforo não aumentou com o uso de efluente; a estabilidade do fósforo do solo aumentou sobremaneira, com o aumento da aplicação do efluente nos três períodos de incubação (0, 30 e 90 dias) e que este aumento poderia ser descrito por uma equação de regressão linear, de maneira que 1 g de efluente adicionado a 1 kg de solo representaria de 3 a 6 mg de P disponível (FIELD et al, 1985).

Estudos verificaram que o esterco de bovino afetou grandemente e de maneira positiva o volume de poros maior que 50 μm a aeração e a permeabilidade da água, bem como a estabilidade dos agregados e a atividade da desidrogenase (AMARAL et al, 2004)

Trabalhos realizados em laboratório, em solo tipo arenoso, onde foram aplicados diversos tipos de materiais orgânicos, ou seja, lodo de esgoto urbano, lodo de esgoto industrial, adubo verde e esterco bovino, todos em doses altas (827, 1043, 1370 e 542 t/ha, respectivamente), os resultados mostraram que neste tipo de solo, todos os materiais promoveram diminuição na condutividade hidráulica, no coeficiente de infiltração da água, na infiltração da água no solo e na percolação de nutrientes e aumentaram a água disponível, principalmente com lodo de esgoto urbano e lodo de esgoto industrial. A diminuição pode ser atribuída à propriedade hidrófoba natural da matéria orgânica (BERTON et al, 1989)

Com o uso de microscopia eletrônica, foram estudadas as interações entre partículas de argila e colóides orgânicos extraídos do lodo de esgoto. Observaram que as partículas de colóide promoveram uma ligação mecânica entre as partículas de argila, através da formação de pontes pelas fibras orgânicas e revestimento das

partículas de argila. Observaram, também, que colônias de bactérias podem iniciar a formação de micro agregados e, ainda, produzir agentes agregantes ou segregarem substâncias semelhantes a polissacarídeos formando agregados. As interações organominerais observadas nesses estudos podem esclarecer os mecanismos envolvidos na estabilização da estrutura do solo devido à incorporação de resíduos orgânicos (BRANCALIÃO & MORAES, 2008).

As variações na composição mineral durante a decomposição de dejetos animais e seus efeitos no solo verificaram-se perdas consideráveis de Ca, Mg e N dos esterco durante o processo, enquanto que o teor de P aumentou. O nível de P disponível no solo abaixou e em torno dos dejetos aumentou significativamente, junto com o N, pH e o Ca do solo inicialmente declinaram para depois aumentarem até um máximo na 5 semana. As influências da decomposição dos esterco sobre o solo duraram até a 8 semana (ARAÚJO et al, 2007).

Cultivos de milho, fazendo uso de adubação orgânica (22,7 a 27,3 t/ha de esterco bovino) associada a fertilizante sintético, a herbicida e a inseticida. Observaram que, em condições de baixa umidade no solo, a produção de grãos de milho foi maior no tratamento onde se aplicou somente esterco bovino (BEZERRA et al, 2008).

Estudos em um solo tipo barro argiloso, em uma área irrigada e em outra sem irrigação, onde na 1 aplicaram esterco bovino em doses equivalentes a 0, 60, 120 e 180 t/ha e na 2 a 0, 30, 60 e 90 t/ha. Os resultados obtidos mostraram que a densidade do solo decresceu com o aumento da dose de esterco. No solo irrigado a adição de esterco aumentou a quantidade de agregado com diâmetro maior que 1 mm e diminuiu os com diâmetro menor que 1 mm. Estes resultados indicaram que a aplicação de esterco em doses recomendadas pode melhorar as propriedades físicas deste tipo de solo (GALBIATTI et al, 1996).

Experimentos com várias culturas cultivadas em um solo do tipo argilo arenoso, onde compararam o efeito do efluente de biodigestor (origem bovina), adubação mineral e associação destes, sobre o desenvolvimento das culturas. Observaram que houve um melhor desenvolvimento da plantas nos tratamentos adubados, quando comparados com a testemunha (sem adubo). A substituição do fertilizante mineral por efluente de

biodigestor ajudou a reduzir o investimento de capital e o uso de energia convencional, sem prejudicar a produtividade. O uso de efluente de biodigestor também aumentou a autossuficiência dos agricultores e reduziu a poluição reciclando a biomassa vegetal, (GALBIATTI et al, 1986)

Estudos visando avaliar o efeito do processo de digestão anaeróbia no valor fertilizante do N de esterco de aves de postura. Tanto o substrato como o efluente foi comparado com a aplicação de uréia em taxas semelhantes às anteriores, em um solo tipo argiloso cultivado com plantas de milho. Os resultados mostraram que os tratamentos com dose igual a 219 kg/ha de N de efluente apresentaram produção de grãos superiores às outras formas de fertilizante, apesar de não apresentarem diferenças estatísticas significativas, observou-se ainda, que embora haja aumento do NH_4 durante a digestão, há contribuição para a perda do NH_3 comparado com o substrato. Sugerem que o esterco digerido anaerobicamente seja incorporado ao solo na véspera da semeadura para minimizar as perdas de N (FIELD et al, 1986).

Com o objetivo de avaliar o efeito da incorporação de efluente de biodigestor ao solo, sobre o potencial matricial da água no solo, a condutividade hidráulica em solo saturado e o desenvolvimento do feijoeiro, foi realizado um experimento em um Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa, em área experimental da UNESP-Jaboticabal. Os resultados obtidos evidenciaram que a incorporação de efluente de biodigestor não afetou de modo claro o potencial matricial da água do solo a 20 e 40 cm de profundidade; a condutividade hidráulica em solo saturado foi afetada, aumentando seu valor; e a condição que mais beneficiou o desenvolvimento do feijoeiro e sua produtividade foi aquela em que se associou o efluente de biodigestor com metade da adubação mineral na semeadura, (GALBIATTI et al, 1986).

Em experimentos com o objetivo de determinar o efeito da aplicação de esterco bovino, líquido e sólido, em um solo tipo argiloso, cultivado com a cultura do milho, SUTTON et al (1986) aplicaram esterco líquido em doses equivalentes a 112, 224 e 336 ton/ha e esterco sólido em doses equivalentes a 34, 67 e 101 t/ha. A adição de esterco aumentou a produção de milho, quando comparado com a testemunha (sem adubo). A produção de milho foi semelhante, ou superior, onde se adicionou esterco,

quando comparado com o tratamento em que se fertilizou convencionalmente. Os tratamentos com doses mais elevadas, tanto de esterco líquido como sólido, promoveram maiores produções do que aqueles que receberam adubação mineral. Verificaram, ainda, que o esterco se torna menos eficiente quando aplicado na superfície do solo,

Experimento repetidos realizados no mesmo local por 2 anos, obtendo resultados que comprovaram os obtidos anteriormente. A incorporação de efluente de biodigestor ao solo afetou o potencial matricial da água no solo, proporcionando valores menos negativos, principalmente a 20 cm de profundidade; a condutividade hidráulica em solo saturado foi afetada, havendo um acréscimo em seu valor a 20 e 40 cm de profundidade; existiram diferenças significativas entre os tratamentos em que se aplicou e não se aplicou efluente de biodigestor e não significativas quando se associou fertilizante orgânico com mineral em relação a produtividade do feijoeiro. Os tratamentos que mais influenciaram o desenvolvimento do feijoeiro, em área foliar, foram aqueles em que se incorporou ao solo o efluente de biodigestor associado a adubação mineral, sem haver, no entanto, diferenças estatísticas significativas entre as doses de fertilizante mineral utilizadas (GALBIATTI et al, 1986).

Trabalhos de 12 anos, em um solo tipo barro argiloso, onde incorporaram doses de esterco de bovino equivalentes a 0, 60, 120 e 180 t/ha, em condições de irrigação e 0, 30, 60 e 90 t/ha, sem irrigação. Observaram que a densidade do solo se comportou inversamente à dose de esterco; a quantidade de água disponível a planta diminuiu com o aumento da dose de esterco, embora a quantidade de água retida tenha sido maior. O esterco provocou um selamento a água na camada superficial, embora não houvesse impedimento ou diminuição da produção (SOMMERFELDT & CHANG, 1987).

Com o objetivo de determinar se a digestão anaeróbia causa redução no valor nutricional do esterco bovino, foram desenvolvidos estudos, durante 3 anos, em um solo tipo argiloso onde cultivaram plantas de trigo fertilizado com efluente de biodigestor anaeróbio, esterco fresco, esterco armazenado e fertilizante mineral. O efluente de biodigestor mostrou ser tão efetivo quanto as outras fontes de nitrogênio estudadas,

estimulando a produção de matéria seca, produção de grãos e conteúdo de proteína no grão do trigo (AMARAL et al, 2004)

Em dois experimentos realizados em Podzólico Vermelho amarelo, em casa de vegetação e em sala de incubação, estudaram-se o efeito da adição de quantidades crescentes de esterco bovino (10, 20 e 30 t/ha), capim colônia (20, 40 e 60 t/ha) e feijão-bravo-do-Ceará (20, 40 e 60 t/ha), sobre a biomassa-C microbiana (biomassa em micrograma de C por grama de solo), algumas características químicas do solo e desenvolvimento do milho. Verificou que a adição dos materiais orgânicos teve efeito corretivo na acidez do solo e aumentou os teores de P, K e Ca no solo. Os tratamentos 30 t/ha de esterco bovino e 60 t/ha de capim colônia melhor expressaram a formação da biomassa microbiana. No final do experimento, verificou maior biomassa microbiana no solo onde se adicionou os materiais orgânicos. O rendimento de matéria seca a absorção de nitrogênio pelo milho foram significativamente maiores com a incorporação de feijão-bravo-do-Ceará e nitrogênio mineral (DEMETRIO, 1988).

Trabalhos observaram os efeitos da fertilização orgânica associada à mineral sobre o acúmulo de nutrientes pelo feijoeiro. Para isso, incorporaram ao solo, com 90 dias de antecedência a semeadura do feijão, dose equivalente a 100 m³/ha de efluente de biodigestor de origem bovina. Na semeadura, nos tratamentos adubados com efluente, associaram-se com metade e adubação completa mineral. Dos resultados constatou-se que a incorporação de efluente de biodigestor associada à adubação mineral afetou positivamente o acúmulo de N, P e K e negativamente o acúmulo de Mg e Mn, quando comparado com o tratamento com adubo mineral e sem efluente de biodigestor. Portanto, a associação entre efluente de biodigestor de origem bovina e adubação mineral possibilitou uma melhora considerável na nutrição da planta de feijão (AMARAL et al, 2004).

Foram estudadas as alterações nas propriedades químicas e na disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, Zn e Cu, em cinco tipos de solos (terra roxa estruturada, podzólico vermelho- amarelo, latossolo vermelho-amarelo, latossolo roxo e latossolo vermelho-escuro) decorrentes da incorporação de lodo de esgoto tratado anaerobicamente e seco ao ar, nas dosagens de 0, 2 e 4% em peso seco, usando-se milho como planta. A

adição de lodo proporcionou uma elevação do pH em todos os solos, reduzindo, ou eliminando, os teores de alumínio trocável. A adição de lodo também aumentou o rendimento de matéria seca das plantas, bem como as quantidades de N, P, Ca, Mg e Zn absorvidas. Nem mesmo na dosagem mais alta de lodo de esgoto a absorção de Cu e Zn, pelas plantas, chegou a atingir níveis que pudessem causar redução na produção de matéria seca pela parte aérea do milho (BERTON et al, 1989).

Experimentos com o objetivo de determinar o efeito de dejetos de suínos aplicados em irrigação por sulcos, na cultura de milho em um solo argilo-arenoso. Foram aplicadas doses equivalentes a 0, 50, 100, 150 e 200 m³/ha. Os autores observaram que não houve redução na taxa de emergência e nem impermeabilização dos sulcos de irrigação com a aplicação dos dejetos; a produtividade máxima foi alcançada com a dose de 150 m³/ha e que a irrigação por sulco mostrou ser viável e eficiente na aplicação dos dejetos de suínos, além de ser uma forma de disposição final que reduz significativamente os efeitos da poluição (MAGALHÃES et al, 2001).

Experimentos realizados com o objetivo de verificar os efeitos da associação de níveis de irrigação com adubação mineral e orgânica (60 m³/ha de efluente de biodigestor de origem bovina), no desenvolvimento e produção da cultura de cebola Piralopes, cultivada em um Latossolo Roxo. Verificou-se que não houve efeito significativo para interação entre tratamentos. As adubações mineral e orgânica não diferiram entre si quanto a produção total de bulbos, sendo ambas superiores a testemunha (sem adubação) (GALBIATTI & CASTELLANE, 1990).

Estudo dos efeitos da incorporação ao solo argiloso de doses equivalentes a 0, 20, 40, 60, 80 e 100 ton/ha de esterco bovino seco, em uma cultura de milho sugeriram que a adição de esterco de bovino ao solo melhora consideravelmente a retenção de água pelo solo, embora isto não queira dizer que há maior quantidade de água disponível. Observaram também que existe uma interação positiva entre as propriedades físicas e biológicas do solo com a aplicação de esterco. Esta interação contribui para melhorar a fertilidade potencial do solo (N' DAYEGAMIYE & ANGERS, 1990).

Realizando estudos em um solo com 97% de areia em duas etapas (na primeira foi incorporada ao solo doses iguais a 0, 60, 120 e 240 t/ha de um composto formado por resto de folhas mais lodo de esgoto; na segunda foi incorporada ao solo doses iguais a 33, 67, 134 e 268 t/ha de lodo de esgoto mais resto de folhas e, 67 e 134 t/ha de esterco bovino), cultivaram as culturas de tomate e couve-flor. Os resultados demonstraram que houve redução da resistência a penetração e da densidade do solo e que o conteúdo de água aumentou linearmente com as doses. O aumento do conteúdo de água está associado ao decréscimo da densidade global e ao aumento da capacidade de absorção, resultando do aumento da superfície específica e matéria orgânica do solo (PREZOTTO, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área Experimental

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de ensaios realizados durante 5 anos consecutivos (2007 a 2011), no campo experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal da Universidade Estadual Paulista, cujas coordenadas são: Latitude – 21 15' 22" S, Longitude – 48 18' 58" WGr Altitude - 575 metros.

Utilizou-se uma área com exposição norte de um Latossolo Vermelho Eutrófico típico textura muito argilosa A moderado caulínítico-oxídico mesoférrico relevo suave ondulado (LVe 2); Este tipo de solo possui como características: a) a fração areia dominante é a areia fina com 39% da fração areia total; b) o teor de argila do Ap. varia de 36,8 a 53,8% e de 35,3 a 51,9% no horizonte B; c) o teor de limo é alto (mais que 21,6%) no Ap e de 26,6% no B; d) apresenta variações na classe textural do Ap, podendo ser barro argilo arenoso e barro arenoso; e) o pH varia de 6,2 a 6,6 (horizonte A) e de 6,1 a 6,7 (horizonte B); f) a saturação em bases Varia de 37,72 a 40,47% (horizonte A) e de 34,22 a 44,90% (horizonte A) (Embrapa 2006). Situa-se em um relevo normal a suavemente ondulado, com 8% de declividade média e possui boa drenagem.

3.2. Cultura Utilizada

A cultura utilizada foi a do milho, planta monocotiledônea, anual, robusta, utilizada preferencialmente como fonte alimentar, pertencente a família das Gramíneas, ao gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L, híbrido HMD-7479.

Morfológicamente a planta é constituída por uma haste cilíndrica ereta. Os colmos não são ocos e terminam com o pendão de flecha (inflorescência masculina), sendo entremeados por estruturas compactas, denominadas nós. É dos nós situados abaixo do nível do solo que se originam as raízes, sendo que perfilhos, esporões (raízes adventícias), folhas, inflorescência são produzidos nos nós localizados acima do solo.

O sistema radicular é fasciculado, apresentando hábitos geralmente superficiais, pois 80% das raízes se concentram nos primeiros 20 cm de solo, o que confere a planta reduzida tolerância à seca. As raízes adventícias originadas acima da superfície do solo são imprescindíveis para a efetiva sustentação da planta. Suas folhas são arranjas alternadamente, apresentando bainhas invaginantes e superpostas, limbos foliares longos, largos e planos, mantidos em ângulo aproximadamente retos com o colmo por uma forte nervura.

O milho sendo uma espécie monóica apresenta flores masculinas e femininas, em forma de inflorescência.

As flores masculinas encontram-se dispostas em inflorescência do tipo panícula, terminal ao colmo, comumente designada por flecha ou pendão. As flores femininas encontram-se inseridas em inflorescência do tipo espiga, localizadas frequentemente na região mediana da planta.

Foi cultivado o híbrido HMD.74-79 de milho, semente produzida pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Trata-se de um híbrido duplo meio dente, que apresenta uma dureza de grão intermediária entre os grupos duro e mole, resultado do cruzamento de um híbrido simples do grupo amarelo duro, com um híbrido simples do

grupo amarelo mole, de ciclo mediano (120 a 140 dias), cujas características são planta herbácea, altura média variando ao redor de 2 metros; raízes subterrâneas fasciculadas pouco profundas, finas, fibrosas, e bem desenvolvidas, e raízes aéreas grossas e cilíndricas antes de atingirem o solo e que se ramificam posteriormente ao atingi-lo; colmo ereto e cilíndrico constituído de nós e entre nós cheios e açucarados; as folhas alternas, lanceoladas, sésseis, com bainha grande invaginante, ligulada; flores dispostas em inflorescências, as masculinas em panículas terminal conhecida como pendão, apresentando um eixo principal ou raque, cilíndrico e longo de cerca de 50 cm nascendo no último nó do colmo e as femininas em espigas auxiliares constituídas por raque alargada ao longo do qual se dispõe espiguetas biflorais, sésseis, em número par de carreiras desde 8 até 28, cada espiguetas constando de duas glumas curtas e delicadas envolvendo duas flores (uma abortada e outra fértil); os frutos são do tipo cariopse geralmente chamados grãos ou sementes, dispostos ao longo da espiga, que apresenta tamanho variável e forma mais ou menos troncocônica.

3.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado em cada ano foi o em blocos casualizados, com os tratamentos em um esquema fatorial 3x3 (três épocas e três doses) e duas testemunhas (uma sem adubação e outra com adubação mineral) com 3 repetições. A distribuição dos tratamentos em cada bloco foi mantida em todos os anos na mesma ordem estabelecida no primeiro ano.

Consideraram-se os seguintes tratamentos:

- A- 20 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 1 dia antes da semeadura - (20/1).
- B- 40 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 1 dia antes da semeadura - (40/1).
- C- 60 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 1 dia antes da semeadura - (60/1).
- D- 20 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 30 dias antes da semeadura – (20/30).

E- 40 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 30 dias antes da semeadura – (40/30).

F- 60 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 30 dias antes da semeadura – (60/30).

G- 20 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 60 dias antes da semeadura – (60/30).

H- 20 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 60 dias antes da semeadura - (40/60).

I- 20 m³/ha de fertilizante de biodigestor, aplicado 60 dias antes da semeadura –(60/60).

J- Sem adubação (testemunha 1) - SA.

K- Adubação Mineral (testemunha 2) - AM.

As parcelas experimentais apresentavam dimensões de 5,0 m x 8,0 m perfazendo uma área de 40 m² cada e um total de 1.320 m² de área útil.

3.4. Condução do Ensaio.

Foram efetuados cinco experimentos, nas mesmas épocas, em 5 anos 2007 a 2011. As práticas culturais adotadas para o preparo do solo foram as convencionais para a cultura do milho. Após o preparo do solo, que se realizou na mesma época para todos os tratamentos aplicou-se o efluente de biodigestor manualmente com auxílio de regadores, obedecendo aos tratamentos propostos; em seguida incorporou-se com grade leve de discos.

O fertilizante de biodigestor utilizado foi o de origem bovina processado em um biodigestor modelo Indiano, construído de acordo com ORTOLANI et al. (1980). Esse biodigestor se fundamenta no modelo indiano tradicional com algumas modificações, tais como a fixação das extremidades dos tubos de entrada e saída, pequena elevação da boca do tubo de entrada em relação ao fundo da caixa de carga, eliminação do selo

d'água e construção em alvenaria. O biodigestor foi carregado com estrume fresco de bovino e água, em proporções tais que o substrato apresentasse um teor de sólidos totais igual a 8%, aguardando-se um período para a estabilização da biomassa.

O biodigestor foi operado com cargas diárias. Cada carga representava um volume de 110 litros, o que implicava em tempo de retenção de 50 dias, pois o volume útil do biodigestor é de 5500 litros.

O estrume que serviu de substrato foi coletado em estábulo cimentado da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP.

3.5. Características Avaliadas

3.5.1. Densidade aparente do solo (Da)

É uma medida da relação entre a massa e o volume total do solo. Corresponde à massa de solo seco por unidade de volume de solo indeformado, incluindo os espaços ocupados pelo ar e água. Ela é variável e depende da estrutura e compactação do solo. Quanto menos estruturado e mais compactado é o solo, maior é a densidade aparente. Assim, solos soltos e porosos terão densidade aparente reduzida. As densidades aparentes de solos argilosos podem variar desde 1,00 até 1,60 gramas por cm³. Uma variação de 1,20 a 1,80 pode ser encontrada em areias e barros arenosos. A adição de grandes quantidades de esterco rural ajuda a diminuir a densidade aparente do solo.

A determinação da densidade aparente foi feita pelo método do anel volumétrico. Para tanto foi usado um amostrador de solo contendo um cilindro com 7,6 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura. As amostras indeformadas de solo foram coletadas com os cilindros nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade em número de 3 por parcela e profundidade, embalados em papel alumínio, levados ao laboratório de solo do Departamento de Engenharia Rural e colocados no interior de uma estufa de aeração forçada a 105⁰ C até massa constante (nunca inferior a 48 horas de

permanência na estufa). Em seguida, foram pesados em balança eletrônica de precisão com escala variando de 0,01 g. Após a pesagem determinou-se a densidade aparente através da equação:

$$D_a = M_s/V$$

onde: D_a = Densidade aparente (g/cm^3)

M_s = Massa do solo seco (g)

V = Volume do cilindro (cm^3)

3.5.2. Velocidade de infiltração (VI)

A infiltração é um parâmetro muito importante para estudos de irrigação, pois significa a velocidade de penetração da água no solo e, por conseguinte, a taxa de aplicação da água de irrigação não deve superá-la quando não se deseja escoamento superficial.

Considerando um solo homogêneo e com teor de umidade uniforme, aplicando-se água e mantendo-se uma lâmina de altura constante, o fluxo ou a razão de penetração de água no solo é denominado de velocidade de Infiltração.

A velocidade de infiltração nos solos diminui com o aumento do tempo de aplicação d água. Inicialmente ela é relativamente alta, e vai diminuindo gradativamente, até um valor quase constante. Nesse ponto, onde a variação de VI é muito pequena, praticamente constante, ela e chamada de velocidade de Infiltração Básica (VIB).

A velocidade de Infiltração é normalmente expressa em cm/h , mm/h ou $1/\text{s}$.

A velocidade de Infiltração de um solo varia com alguns fatores:

a) Natureza do Solo: como o fluxo de água no interior do solo ocorre através do seu espaço poroso, a textura e a estrutura desse solo são, portanto, fundamentais. Isto,

porque o tamanho e o arranjo das partículas definem o tamanho e a forma dos poros por onde flui a água;

b) Teor de água: a água presente no solo se desloca pelo espaço poroso pela ação dos gradientes de pressão gerados pela sucção e gravidade. A água de chuva ou irrigação se dispõe sobre o terreno em camada de pequena espessura, que exerce pressão hidrostática nos canículos formados pelos poros. Além disso, quando o solo está seco, outra força atuante no sentido de acelerar o fenômeno, é a atração exercida pela partícula de solo, força de adsorção. Portanto, quando um solo está seco sua velocidade de infiltração é muito grande, todavia a medida que vai umidecendo esse valor vai se reduzindo até um valor mais ou menos constante;

c) Compactação do Solo: a compactação da superfície de um solo por pisoteio de animais, pela chuva, tráfego de máquinas e veículos, reduz a porosidade da camada superficial, afetando a velocidade de infiltração;

d) Ar Comprimido: o ar presente nos poros pode ficar retido, exercendo então uma resistência ao fluxo de água, reduzindo a velocidade de infiltração;

e) Presença de Camada Compacta no Interior do Perfil do Solo: tais camadas retardam o fluxo de água, reduzindo a velocidade de infiltração pela ação da baixa porosidade;

Existem vários métodos para se medir a infiltração da água no solo. O método usado foi o do "Infiltrômetro de Anéis Concêntricos".

O equipamento consistiu em dois anéis, instalados concentricamente, na vertical e enterrados cerca de 15 cm no solo.

Colocou-se água nos dois anéis, e com uma régua graduada acompanhou-se a infiltração vertical no cilindro interno, com os intervalos de tempo : 3 x 5 minutos, 3 x 10 minutos, 3 x 20 minutos e 30 em 30 minutos até infiltração constante, sempre mantendo uma lâmina de água dentro dos cilindros.

De posse da altura de água que infiltrou no solo e o tempo gasto, obteve-se a velocidade de infiltração em cm por hora.

3.5.3. Área foliar

Esta medida está relacionada, principalmente, à determinação da superfície fotossinteticamente ativa. As folhas são os órgãos vegetais responsáveis pela fotossíntese na maioria das plantas. As folhas são formadas de, pelo menos, duas regiões: o limbo (ou lamínula foliar) e o pecíolo ou bainha, dependendo do tipo de planta. A contribuição de pecíolos e bainhas para a fotossíntese assim como de caules herbáceos verdes, é mínima, comparada à do limbo foliar, por dois motivos, pelo menos:

a) A razão superfície/volume de bainhas, pecíolos e caules é muito baixa, dificultando as trocas gasosas entre os tecidos e o ar;

b) A estrutura e distribuição dos cloroplastos é bastante deficiente nestas regiões, resultando em baixa atividade fotossintética. Além desses dois motivos, pode-se acrescentar o fato de que caules, bainhas e pecíolos estão normalmente menos expostos à radiação solar do que as lâminas foliares.

Assim a superfície das lâminas foliares é determinada diretamente ou estimada por meios indiretos, em vez de se medir a superfície da folha inteira, definindo-se como área foliar a medida desta superfície, como um plano único.

Para se estimar a área foliar foi colhido durante o ciclo da cultura, a cada 14 dias, 12 plantas por parcela, as quais eram levadas ao laboratório, dissecadas em caules + bainhas, lâminas foliares e partes reprodutivas. Depois eram separadas 20 lâminas foliares, as quais eram medidas com uma régua graduada o seu maior comprimento e sua maior largura. Portanto o produto destas duas dimensões corrigido por um fator igual a 0,72 tinha-se a área foliar de 20 folhas. As lâminas foliares restantes eram colocadas em um saco de papel, separadas das 20 folhas que por sua vez, eram colocadas em um outro saco de papel. Ambos os sacos eram colocados em uma estufa de aeração forçada, a 70°C até massa constante e de posse das massas secas, estimava-se a área foliar segundo a relação:

$$\mathbf{Aft/Af20 = Mt/M20}$$

Aft = Área foliar de 12 plantas

Af20 = Área foliar de 20 limbos

Mt= Massa seca dos limbos de 12 plantas

M20 = Massa seca dos 20 limbos

3.5.4. Matéria seca das folhas

A análise deste parâmetro facilita bastante à compreensão do comportamento vegetal com maior profundidade.

A distribuição de matéria seca nos diferentes órgãos ou regiões de interesse é calculada em cada órgão em relação à matéria seca total, ao longo do ciclo ou nas fases e maior interesse. A perda de material das folhas se acentua com o início de crescimento e enchimento dos grãos de milho.

A matéria seca foi determinada amostrando-se os limbos foliares de 12 plantas por parcela a cada 14 dias os quais eram ensacados em sacos de papel e colocados em uma estufa de aeração forçada a 70° C até massa constante. Quando era constatada massa constante retirava-se o material da estufa e fazia-se a pesagem.

3.5.5. Produção de grãos

A produção de grãos foi obtida através da coleta das espigas das duas fileiras centrais de planta de milho (50 plantas) em cada parcela. Separaram-se os grãos das espigas, pesou-se e determinou-se sua umidade dos grãos para correção da % de umidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comparação Entre os Experimentos

4.1.1. Densidade aparente do solo (Da)

4.1.1.1. Camada de 0 a 20 cm

A densidade aparente do solo (Da), na camada de 0 a 20 cm de profundidade, apresentou valores no intervalo de 1,10 a 1,33 g/cm³ de solo (Tabela 1). Durante os 5 anos de experimento as testemunhas apresentaram Da maiores, tendo aumentado no transcorrer dos anos. Os tratamentos que receberam incorporação de efluente de biodigestor no solo apresentaram Da sempre com valores médios menores que os das testemunhas, tendo a dose 60 m³ os menores valores. Estes resultados estão coerentes com a bibliografia, pois a camada de 0 a 20 cm está mais sujeita à agressividade dos tratos culturais, que provocam degradação nas propriedades físicas do solo, principalmente as práticas de aração e gradagem que pulverizam grande parte do solo, diminuindo ou destruindo sua estrutura. Desta maneira, as partículas mais finas sob ação hídrica ocupam os espaços porosos, aumentando a densidade do solo. A matéria orgânica incorporada ao solo e aquela residual de cultivos anteriores, podem aumentar a estruturação do solo, aumentando a estabilidade hídrica (principalmente em

solos argilosos), pela ação dos micro organismos e ácidos húmicos, os quais circundam as partículas de solo formando pontes agregantes (LYNCH, 1986). Além disso, as partículas de colóide promovem uma ligação mecânica entre as partículas de argila através da formação de pontes, pelas fibras orgânicas, e revestimento das partículas de argila. Colônias de bactérias podem iniciar a formação de micro agregados e, ainda, produzir agentes agregantes ou segregam substâncias semelhantes a polissacarídeos, formando agregados, (COELHO, 2008).

Tabela 1. Densidade aparente do solo, em gramas por cm³ na camada de 0 a 20 cm no final de cada experimento.

Tratamento	ANO									
	2007		2008		2009		2010		2011	
20/1	1,19	bc	1,19	b	1,13	c	1,24	bc	1,24	b
40/1	1,18	bc	1,20	b	1,13	c	1,26	abc	1,24	b
60/1	1,22	abc	1,21	b	1,18	abc	1,24	c	1,23	b
20/30	1,20	bc	1,19	b	1,16	bc	1,18	abc	1,24	b
40/30	1,23	abc	1,23	b	1,18	abc	1,27	abc	1,23	b
60/30	1,19	bc	1,19	b	1,10	c	1,28	abc	1,22	b
20/60	1,27	ab	1,22	b	1,15	c	1,30	abc	1,25	b
40/60	1,20	abc	1,19	b	1,18	abc	1,24	c	1,22	b
60/60	1,17	bc	1,18	b	1,16	c	1,29	abc	1,22	b
AS	1,29	a	1,29	a	1,30	a	1,32	a	1,33	a
AM	1,26	ab	1,28	b	1,29	ab	1,31	ab	1,32	a
DP	0,0290		0,0170		0,0440		0,0220		0,0210	
CV(%)	2,3600		1,4500		3,7700		1,7600		1,6200	
DMS	0,0849		0,5200		0,1314		0,0665		0,0622	
	F		F		F		F		F	
Blocos	0,03	NS	0,21	NS	8,53	**	0,55	NS	25,19	NS
Tratamentos	5,17	**	13,65	**	6,03	**	4,32	**	1,76	**

(§) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo (P>0,05); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

4.1.1.2. Camada de 20 a 40 cm

Nesta camada de solo, os valores médios da densidade aparente se mantiveram, de uma maneira geral, constantes entre os experimentos. Parece que as operações de tratos culturais não atingiram esta camada. Ficou, portanto, evidenciado que existe uma camada mais densa após 20 cm de profundidade, não sendo esta parte do solo atingida pela ação do efluente de biodigestor, apesar de em geral, a dose 60 m³ apresentar valores de densidade aparente menor, (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade aparente do solo, em gramas por cm³ na camada de 20 a 40 cm no final de cada experimento.

Tratamentos	ANO									
	2007		2008		2009		2010		2011	
20/1	1,28	a	1,28	a	1,30	ab	1,29	a	1,31	a
40/1	1,29	a	1,29	a	1,29	ab	1,27	a	1,29	a
60/1	1,28	a	1,28	a	1,29	ab	1,29	a	1,30	a
20/30	1,32	a	1,30	a	1,29	ab	1,28	a	1,30	a
40/30	1,32	a	1,31	a	1,29	ab	1,30	a	1,30	a
60/30	1,32	a	1,28	a	1,30	ab	1,29	a	1,29	a
20/60	1,31	a	1,31	a	1,31	ab	1,27	a	1,30	a
40/60	1,30	a	1,30	a	1,29	ab	1,29	a	1,31	a
60/60	1,32	a	1,29	a	1,28	b	1,28	a	1,29	a
AS	1,30	a	1,31	a	1,31	a	1,29	a	1,33	a
AM	1,34	a	1,30	a	1,30	ab	1,30	a	1,33	a
DP	0,024		0,013		0,009		0,018		0,0190	
CV (%)	1,830		1,030		0,710		1,440		1,4800	
DMS	0,071		0,039		0,027		0,055		0,0571	
	F		F		F		F		F	
Blocos	5,66	*	0,83	NS	1,31	NS	2,10	NS	6,36	**
Tratamentos	1,46	NS	2,62	*	2,91	*	0,72	NS	1,69	NS

^(§) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo (P>0,05); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

4.1.2. Velocidade de infiltração básica (VIB)

A velocidade de infiltração da água no solo é dependente da arquitetura do solo e, portanto, correlacionada com sua estruturação, conseqüentemente a densidade aparente.

Pela Tabela 3 pode-se notar que, nos três primeiros anos de experimentação, não houve uma definição clara quanto à influencia da incorporação do material orgânico no solo, mas nos dois últimos anos essa influência ficou bem clara, pois nesses anos houve diferenças estatísticas significativas quando compararam-se os dados médios da Velocidade de infiltração dos tratamentos com efluente de biodigestor e as testemunhas (AM e SA).

Inversamente a densidade aparente do solo, a velocidade de infiltração foi maior nos tratamentos que receberam efluente de biodigestor com o transcorrer dos anos de estudo. De uma maneira geral, a velocidade de infiltração diminuiu, podendo isto ser explicado pelo fato de que há obstrução dos poros pelo carreamento de partículas menores de solo.

Os tratamentos que receberam efluente de biodigestor diminuíram a Velocidade de infiltração com menor intensidade, talvez pelo fato de que a estercação pode manter maiores volumes de poros em função do aumento da matéria orgânica e melhor estruturação do solo (ARAÚJO et al 2007 e SILVA et al 2004).

Tabela 3. Velocidade de infiltração básica da água no solo, em mm por hora, no final de cada experimento.

Tratamentos.	ANO				
	(^S)2007	2008	2009	2010	2011
20/1	24,00 ab	24,50bc	21,3 ab	21,9 a	18,4 a
40/1	21,06 ab	25,03bc	18,2 abc	21,4 a	18,7 a
60/1	26,63 a	28,60a	21,5 ab	22,4 a	18,3 a
20/30	18,80 b	20,36ef	21,7 ab	22,1 a	17,4 a
40/30	19,10 b	19,60f	14,4 abc	19,9 a	17,4 a
60/30	26,43 a	27,93ab	19,6 abc	22,7 a	17,9 a
20/60	24,83 ab	29,83a	19,3 abc	20,8 a	17,3 a
40/60	22,10 ab	23,40cd	22,5 a	23,1 a	18,4 a
60/60	19,20 b	20,86ef	19,7 abc	20,9 a	17,6 a
AS	26,33 a	26,40b	11,5 abc	14,0 b	12,8 b
AM	20,53 ab	22,00de	9,4 c	14,2 b	14,5 b
DP	2,33	6,38	3,71	1,96	0,8300
CV (%)	10,28	8,86	20,50	9,64	4,8700
DMS	6,87	2,16	10,94	5,78	2,4600
	F	F	F	F	F
Blocos	8,95 **	7,86 **	6,28 NS	3,13 NS	1,36 NS
Tratamentos	5,36 **	6,49 **	4,25 **	8,01 **	14,33 **

(^S) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo ($P>0,05$); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

4.1.3. Área foliar

Verificou-se que, no primeiro ano de experimentação, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, talvez porque o solo possuía resíduo mineral de adubações de culturas anteriores, suficiente para as plantas e, ainda, por não ter havido tempo suficiente para a matéria orgânica exercer sua influência.

Do segundo ano em diante, as diferenças significativas foram se assentando, destacando-se aquelas com efluente de biodigestor. Isto parece ser reflexo do efeito condicionador da matéria orgânica no solo, demonstrando a melhoria das propriedades físicas do solo. Além disso, a incorporação de matéria orgânica ao solo pode melhorar a

capacidade de troca catiônica, a disponibilidade de nutrientes e, com reflexos positivos no desenvolvimento foliar, (DELAS & MOLOT, 1983; ERNANI, 1984; BERTON et al, 1989).

Nos três primeiros experimentos, as plantas de milho se apresentaram com valores médios de área foliar bem semelhante. No quarto experimento, talvez devido a problemas climáticos, apresentaram-se com valores menores, enquanto que no quinto ano as plantas apresentaram desenvolvimento de área foliar bem superior, refletindo a melhoria ocorrida nas propriedades do solo devido ao cúmulo da matéria orgânica após as sucessivas incorporações ao solo.

Tabela 4. Área foliar em dm² por planta, no final de cada experimento.

Tratamentos	ANO				
	(^s)2007	2008	2009	2010	2011
20/1	55,4 a	66,4 c	56,4 g	43,9 abc	59,3 c
40/1	58,3 a	66,7 bc	60,4 de	42,6 abc	50,8 d
60/1	55,8 a	67,0 bc	71,3 a	39,9 cde	70,8 ab
20/30	53,7 a	65,9 c	57,1 g	42,5 abc	60,4 c
40/30	59,6 a	67,7 bc	63,5 c	36,0 de	60,5 c
60/30	59,3 a	64,8 c	62,9 c	41,5 bcd	71,2 ab
20/60	61,6 a	73,9 a	58,3 fg	43,6 abc	56,1 cd
40/60	64,7 a	64,5 c	57,6 g	45,9 ab	75,9 a
60/60	69,8 a	70,3 ab	61,7 cd	48,3 a	68,6 b
AS	66,3 a	56,3 d	59,7 ef	35,3 e	41,7 e
AM	73,5 a	66,9 bc	65,5 b	43,5 abc	51,1 d
DP	10,3320	1,2430	0,6450	2,0290	1,9570
CV (%)	16,7600	1,8700	1,0500	4,8200	3,2300
DMS	30,4842	3,6690	1,9034	5,9882	5,7759
	F	F	F	F	F
Blocos	0,31 NS	18,52 **	145,6 **	0,81 NS	0,84 NS
Tratamentos	1,10 NS	35,55 **	139,9 **	10,88 **	84,56 **

(^s) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo (P>0,05); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

4.1.4. Matéria seca em folhas

Dos dados de acumulação de matéria seca nas folhas das plantas de milho vê-se que o comportamento foi semelhante ao da área foliar, ou seja, no primeiro experimento não existiram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, entretanto do segundo experimento em diante ocorreram diferenças significativas, sendo mais expressivas nos últimos experimentos. O acúmulo máximo de matéria seca, de uma maneira geral, ocorreu dos 80 aos 90 dias após a emergência, coincidindo com a fase de enchimento dos grãos, não foram verificadas diferenças significativas de acumulação de matéria seca, mas sim nos valores. Em geral, as maiores doses promoveram maiores teores de matéria seca acumulada; nos três primeiros experimentos os valores médios de matéria seca acumulada foram semelhantes comparando-se os valores entre experimentos, no quarto ano os valores foram menores e no último experimento foram maiores.

O comportamento da acumulação de matéria seca nas folhas foi reflexo da melhoria nas propriedades do solo proporcionada pelo uso de efluente. Estes resultados também foram verificados por DAHL BERG et al (1989), DEMETRIO (1988) e BERTON et al (1989).

Tabela 5. Matéria seca acumulada, em gramas por planta, nas folhas da planta de milho, no final de cada experimento.

Tratamentos	ANO				
	^(§) 2007	2008	2009	2010	2011
20/1	34,6 a	44,5 c	38,2 e	27,7 ab	67,2 d
40/1	35,8 a	46,6 b	40,5 de	25,9 abc	62,0 f
60/1	35,7 a	41,7 e	54,5 a	25,1 bc	70,9 c
20/30	35,0 a	42,7 cde	50,7 ab	26,3 abc	71,0 bc
40/30	35,0 a	49,9 a	44,5 cd	26,1 abc	71,7 bc
60/30	36,6 a	43,1 cde	47,9 bc	26,8 abc	71,2 bc
20/60	36,1 a	42,3 de	40,5 de	29,9 ab	64,8 e
40/60	40,2 a	42,7 cde	41,5 de	31,6 a	72,4 b
60/60	46,8 a	47,3 b	49,8 ab	31,2 a	76,8 a
AS	34,0 a	35,8 f	40,8 de	21,4 c	51,3 g
AM	42,9 a	43,7 cd	44,4 cd	28,3 ab	63,3 ef
DP	6,5830	0,6640	1,6610	2,0000	0,4940
CV (%)	17,5400	1,5200	3,7000	7,3200	0,7300
DMS	19,4234	1,9612	4,9015	5,9016	1,4598
	F	F	F	F	F
Blocos	0,10 NS	32,81 **	7,41 **	13,59 **	157,7 **
Tratamentos	1,13 NS	85,28 **	29,54 **	6,39 **	593,7 **

^(§) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo ($P>0,05$); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

4.1.5. Produtividade de grãos

A tabela 6 mostra que a produção de grãos teve um comportamento diferente do desenvolvimento foliar e acumulação de matéria seca. Ou seja, nos três primeiros anos de experimentação ocorreram diferenças significativas entre as medias de produção por planta dos tratamentos, no quarto e quinto experimento somente ocorreram diferenças significativas estatisticamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey, entre tratamentos fertilizados e a testemunha sem adubação. Apesar de não ter ocorrido diferenças

significativas nos dois últimos anos entre os fertilizados, a dose 60 m³/ha foi a que promoveu maiores produções, sendo isto coerente com o comportamento dos parâmetros de desenvolvimento da planta analisados. Também, parece que a época de 60 dias antes da semeadura foi a melhor.

As explicações para o fato das plantas fertilizadas com efluente de biodigestor terem produzido mais pode significar que a incorporação de matéria orgânica ao solo melhora a capacidade de troca catiônica; a disponibilidade de nutrientes de forma constante e gradativa; as propriedades físicas do solo, notadamente o teor de água disponível; etc.; (BEZERRA et al, 2008; BARCELLOS, 1991; DELAS & MOLOT, 1983; ERNANI, 1984; DAHBERG et al, 1988; DEMETRIO, 1988; BERTON et al, 1989).

Tabela 6. Produção de grãos de milho, em Kg por planta, no final de cada experimento.

Tratamentos	ANO				
	(§)2007	2008	2009	2010	2011
20/1	0,09 cd	0,11 cd	0,12 bc	0,10 a	0,10 a
40/1	0,10 abc	0,12 ab	0,14 ab	0,10 a	0,10 a
60/1	0,11 ab	0,13 a	0,15 a	0,11 a	0,10 a
20/30	0,09 d	0,12 abc	0,15 a	0,09 a	0,10 a
40/30	0,10 ab	0,12 abc	0,14 ab	0,10 a	0,10 a
60/30	0,11 abc	0,13 ab	0,15 a	0,11 a	0,11 a
20/60	0,10 abc	0,12 abc	0,14 ab	0,09 a	0,10 a
40/60	0,10 bc	0,11 bcd	0,14 ab	0,10 a	0,11 a
60/60	0,11 a	0,12 abc	0,14 ab	0,11 a	0,11 a
AS	0,08 d	0,10 d	0,11 c	0,06 b	0,06 b
AM	0,10 bc	0,11 abc	0,13 ab	0,10 a	0,10 a
DP	0,003	0,005	0,007	0,007	0,0080
CV (%)	3,510	4,250	5,110	7,880	8,4800
DMS	0,010	0,015	0,021	0,023	0,0251
	F	F	F	F	F
Blocos	3,83 **	2,68 NS	3,93 **	5,25 **	8,50 **
Tratamentos	16,57 **	9,67 **	8,35 **	8,82 **	6,08 **

(§) - médias na coluna com letras minúsculas iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; DP – desvio padrão; CV – coeficiente de variação; DMS – diferença mínima significativa; F – valor obtido pelo teste F; NS – não significativo (P>0,05); ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados, e nas condições em que se desenvolveram os experimentos, ressaltam-se as seguintes conclusões:

- Os tratamentos que receberam incorporação de efluente de biodigestor no solo, apresentaram densidade aparente na camada de 0-20 cm com valores menores que nos tratamentos sem adubação e adubação mineral;

- A Velocidade de infiltração básica da água no solo foi maior nos tratamentos que receberam efluente de biodigestor e isto ficou claro depois de dois anos consecutivos de experimentos;

- A incorporação de efluente de biodigestor no solo foi benéfico ao desenvolvimento da área foliar, ao acúmulo de matéria seca nas folhas da planta de milho;

- A incorporação de efluente de biodigestor no solo, em anos consecutivos, promoveu um nivelamento entre os valores de produção de grãos nos tratamentos fertilizados, ao ponto de ocorrerem diferenças significativas somente em relação à testemunha sem adubação;

- De uma maneira geral a melhor dose de efluente foi 60 m³/ha quando incorporada 60 dias antes da semeadura.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALOISI, R.R., DEMATTE, J.L.I. Levantamento dos solos da Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. **Científica, Jaboticabal-SP**, v.2, n.2, p.123-136, 1974.

ARAÚJO, M. A. Fundamentos de Agronegócios. **São Paulo**: Atlas, 2007.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. **Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.5, p.466-470, 2007.

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; LUCAS JÚNIOR, G.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica**. Ciência Rural, v.34, n.6, p.1897-1902, 2004

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Fontes renováveis Parte II - Biomassa**. Disponível

em:<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas__par2_cap4.pdf>. Acesso em: abril 2010.

BARCELLOS, L.A.R. **Avaliação do potencial fertilizante do dejetos líquido de suínos de bovinos**. 1991. 108f. (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.1-26.

BISCHOFF, K. Infiltration of cattle and pig slurry in different substrata. *Archiw fur Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde*, v.28, n.11, p.659-664, 1984, GDR, apud **Soils and Fertilizers Abstracts**, v.48, n.6, p.706, 1985 (n. ref. 6251).

BRANCALIÃO, S.R.; MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.393-404, 2008.

BEZERRA, L.L.; SILVA FILHO, J.H.; ANDRADE, D. F. R.; MADALENA, J.A.S. Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. **Revista Verde**, Mossoró, v.3, n.3, p.131-139, 2008.

BERTON, R.S., CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, n.13, p.187-192, 1989.

BISCHOFF, K. Infiltration of cattle and pig slurry in different substrat. *Archiw fur Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde*, v.28, n.11, p.659-664, 1984, GDR, apud **Soils and Fertilizers Abstracts**, v.48, n.6, p.706, 1985 (n. ref. 6251).

BOGUSLAWSKI, E. VON. Utilization of sewage sludge of different grades in arable farming. *Zeit fur Acker und Pflanzenbau*. V.149, n.5, p.406-423, 1980, Giessen, Alemanha. apud: **Soils and Fertilizers Abstracts**, v.44, n.7, p.659, 1981 (nq ref. 5925)

BULLUCK, L.R.; BROSIUS, M.G.; EVANYLO, K.; RISTAINO, J.B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.19, n.2, p.147-160, 2002

COELHO, A.M. Diagnose foliar em milho e sorgo IN:**Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas** EDS ; Prado, R,M ; Rozane, D. E. ;Vale, D.W. et al. Jaboticabal :Capes :Fundunesp, p.301, 2008.

DAHLBERG, S.P., LINDLEY, J.A., GILES, J.F. Effect Of anaerobic digestion on nutrient availability from dairy manure. *Transactions of the ASAE, E.U.A.*, v.31, n.4, p.1211-1216, 1988.

DELAS, J., MOLOT, C. Effect de divers amendements organiques sur les rendements du mais et de la pomme de terre cultives en sol sableux. **Agronomie, França**, V.3, n.1, p.19-26, 1983.

ERNANI, P.R. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas-SP, v.8, p.313-317, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

FASIABEN, M.C.R., COSTA, J.D. Influência de diferentes substratos na formação de mudas de cacau (*Theobroma cacao*, L.). **O Solo, Piracicaba-SP**, v.73, n.01, p.60-63, 1981

FERNANDES, R.B.A. **Atributos mineralógicos, cor, adsorção e dessorção de fosfatos em Latossolos do Sudeste brasileiro**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 265p. (Tese de Doutorado).

FIELD, J.A. et al. **Utilization of anaerobically digested poultry manure effluent nitrogen as fertilizer**. Transactions of the ASAE, E.U.A., v.29, n.01, p.223-228, 1986.

FRANKEN, H., HURTMANN, E. **The influence of a long term fertilizer experiment on the dynamic of soil structure**. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk, Alemanha, v.148, p.159-168, 1985.

FUJIYAMA, G. et al. **Effect of application of large amounts of fresh farmyard manure on growth and yield on rice**. Report of the Tohoku Branch of Crop Science Society of Japan, v.84, p.23-26, 1979.

GALBIATTI, J.A.; GARCIA, A.; SILVA, M.L.; MASTROCOLA, M.A.; CALDEIRA, D.S.A. **Efeitos de diferentes doses e épocas de aplicação de efluente de biodigestor e da adubação mineral em feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a duas lâminas de água por irrigação por sulco**. *Científica*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.63-74, 1996.

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

GALBIATTI, J.A., ARAÚJO, J.A.C., ROLIM, L.A. **Efeito da fertirrigação sobre o potencial matricial, a condutividade hidráulica, a umidade de saturação e desenvolvimento do feijoeiro**. Ciência Agronômica, Jaboticabal-SP, v.1, n.2, p. 18-19, 1986.

GENEVINI, P.L., ZACCHEO, P., NERI, M.C. Utilizzazione agricola di fanghi biologici: risultati in campo, in vaso e in idroponica. **L'Italia Agricola, Italia**, v.119, p.206- 215, 1982.

GRIFFIN, T.S.; HONEYCUTT, C.W.; HE, Z. Changes in soil phosphorus from manure application. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, p.645-653, 2003

IZZO, R.; NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 07, p. 687-699, 1991.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY SMITH, L. Light fraction organic matter in soils from long term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.1799 1806, 1992.

LEAL, M. A. A.; SILVA, V. V. **Comparação entre esterco de curral e cama de aviário como adubação de cova e de cobertura em pimentão orgânico cultivado em estufa e a céu aberto**. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 42, 2002, Uberlândia. Resumos.Uberlândia: SOB, 2002, p.122.

LYNCH, J.M. Biotecnologia do solo Ed. São Paulo: **Editora Manole**, 1986, p.209.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho e Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.68-75, 2009.

LUND, Z.F., DOSS, B.D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. **Agronomy Journal**, E.U.A., v.72, p.123-130, 1980.

MAGALHÃES E. A.; et al. Análise da viabilidade na utilização do biogás numa agroindústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu/PR. **Anais**. Foz do Iguaçu/PR: SBEA, 2001. 1 CD-ROM

MOLLER, H.B.; SOMMER, S.G.; AHRING, B.K. **Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure**. *Biomass Bioenergy*, Oxford, v.26, n.3, p.485-495, 2004.

MEYER, J.L., RAUSCHKOLB, R.S., OLSON, E.H. Dairy manure can be used safely. **California Agriculture**, E.U.A., p.10-11, 1976

MENEZES, R.S.C. & SALCEDO, I.H. **Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho**. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.* 11: 361-367. 2007.

N'DAYEGAMIYE, A., ANGERS, D.A. Effects de l'apport prolongé de fumier de bovins sur quelques propriétés physiques et biologiques d'un loam limoneux neuboiss sous culture de maiz. **Canadian Journal Soil Science**, Canada, v.70, p.259-262, 1990.

PEREIRA, A. R. Estimativa de área foliar em milharal **Bragantia**, v. 46, n. 1, p. 147-150, 1987.

POKORNA-KOSOVÁ, J. Effects of long-term fertilization on the dynamics of changes of soil organic matter. *Zentral blatt fur mikrobiologi, Tchecoeslovaquia*, V.139, n.7, p.497-504, 1984 apud **Soils Fertilizers Abstracts**, E.U.A., V.48, n.4, p.361, 1985 (nQ ref. 3225).

PREZOTTO, M.E.M. Química ambiental e agronomia. O solo como meio de descarte e degradação de resíduos. **In: Anais da XX Reunião Brasileira de Fertilidade e Nutrição de Plantas**, Piracicaba. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 21p.

SHARPLEY, A.N.; MOYER, B. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. **Journal of Environmental Quality**, v.29, p.1462-1469, 2000.

SHARPLEY, A.N.; McDOWELL, R.W.; KLEINMAN, J.A. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.2048-2057, 2004.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**. Somerset, John Wiley and Sons, 1982.

SILVA FILHO, J. H. **Crescimento e produção do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes concentrações de biofertilizante e intervalos de aplicação**. Catolé do Rocha-PB: UEPB/CCHA, 2007. 30p.

SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, 2004

SOMMERFELDT, T.G., CHANGS, C. Soil-water properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. **Soil Science Society American Journal**, E.U.A., v.51, p.7-9, 1987.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biol.Biochem.**, v.25, n.10, p. 1351-1361, 1993.

VILLELA JÚNIOR, L.V.E.; ARAÚJO, J.A.C.; BARBOSA, J.C.; PEREZ, L.R.B. Substrato e solução nutritiva, desenvolvidos a partir de efluente de biodigestor para cultivo do meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.2, p.152-158, 2007.

ZHANG, H.; HARTGE, K.H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. *Soil Science Society of American Journal*, v.61, p.239-245, 1997

ZUIN, L. F. S; QUEIROZ, T. R. Gestão e Inovação nos Agronegócios. In: *Agronegócios, Gestão e Inovação*. São Paulo: **Saraiva**, 2006. p.3-18.

7. APÊNDICE

1. Época da semeadura do milho

Experimento	
1	13/11/2007
2	10/11/2008
3	11/12/2009
4	19/12/2010
5	6/12/2011

2. Análise química do solo no início do experimento 1 (2007).

P	Mo	pH	k	Ca	Mg	H+Al	S	V
(Resina) g cm ³	(%)	Em H ₂ O	Meq/100cm ³				(%)	
39	1,77	5,77	0,52	3,25	1,00	4,20	4,77	53

3. Análise química do solo no início do experimento 2 (2008).

Tratamento	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S	V
	(Resina) g cm ³	(%)	Em CaCl ₂	Meq/100cm ³					(%)
20/1	6	1,14	4,9	0,28	2,11	0,72	3,4	3,11	48
20/30	10	1,19	4,9	0,23	2,21	0,62	3,8	3,06	45
20/60	6	1,14	4,9	0,23	2,21	0,62	3,8	3,06	45
40/1	6	1,19	4,9	0,22	2,00	0,74	3,4	2,86	45
40/30	6	1,19	5,0	0,23	0,07	0,64	3,1	2,94	49
40/60	3	1,19	4,9	0,28	1,89	0,67	3,4	2,84	46
60/1	12	1,09	4,8	0,24	2,00	0,71	3,8	2,94	44
60/30	10	1,26	4,9	0,20	2,03	0,65	3,4	2,88	46
60/60	12	1,19	4,9	0,30	2,14	0,78	3,4	3,22	52
SA	8	1,03	4,9	0,26	1,89	0,71	3,4	2,86	46
AM	8	1,19	5,1	0,29	2,53	0,80	3,4	3,62	52

4. Análise química do solo no início do experimento 3 (2009).

Tratamento	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S	V
	(Resina) g cm ³	(%)	Em CaCl ₂	Meq/100cm ³					(%)
20/1	23	2,07	4,9	0,33	2,77	1,30	4,5	4,39	49
20/30	26	2,57	5,0	0,30	3,09	1,03	4,7	4,42	49
20/60	29	2,38	5,0	0,28	2,94	0,78	3,5	4,00	53
40/1	27	2,43	5,0	0,29	2,97	1,02	4,1	4,29	51
40/30	19	2,12	5,0	0,20	2,76	1,21	3,7	4,18	53
40/60	31	2,43	5,0	0,31	3,14	1,10	4,5	4,56	51
60/1	20	2,47	5,0	0,24	2,85	1,29	4,4	4,39	50
60/30	23	2,17	5,0	0,30	3,59	0,78	4,0	4,67	54
60/60	21	2,16	4,9	0,30	3,12	1,25	4,7	4,67	50
SA	26	1,81	5,1	0,29	3,11	1,09	4,1	4,49	55
AM	30	1,98	5,0	0,19	2,84	0,95	4,3	3,98	48

5. Análise química do solo no início do experimento 4 (2010).

Tratamento	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S	V
	(Resina) g cm ³	(%)	em CaCl ₂	Meq/100 cm ³					(%)
20/1	33	3,0	5,2	0,60	2,3	1,1	3,8	3,50	54
20/30	30	2,8	5,2	0,57	2,8	1,0	1,0	4,26	55
20/60	36	2,8	5,1	0,57	2,7	1,1	4,1	4,43	51
40/1	40	2,8	5,1	0,61	3,2	1,1	3,7	3,80	55
40/30	41	2,9	5,0	0,65	2,8	1,0	4,2	4,00	50
40/60	41	2,9	5,3	0,57	2,8	1,1	3,5	4,58	58
60/1	50	2,8	5,2	0,74	2,6	1,0	3,5	4,25	54
60/30	51	2,9	5,4	0,68	3,3	1,3	3,4	5,00	60
60/60	47	3,2	5,3	0,77	2,6	1,2	3,5	4,45	59
SA	28	2,4	5,0	0,41	2,3	0,9	4,1	3,50	46
AM	55	2,6	5,2	0,50	2,8	0,9	3,6	4,26	53

6. Análise química do solo no início do experimento 5 (2011).

Tratamento	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S	V
	(Resina) g cm ³	(%)	em CaCl ₂	Meq/100 cm ³					(%)
20/1	32	3,6	5,0	0,58	3,1	1,1	4,1	4,81	54
20/30	29	3,6	5,0	0,49	3,1	0,9	4,2	4,49	52
20/60	31	3,8	5,0	0,48	2,8	0,9	4,4	4,24	49
40/1	33	3,7	5,0	0,57	2,9	1,0	4,1	4,43	52
40/30	41	3,8	5,0	0,59	2,9	0,9	4,1	4,53	53
40/60	48	4,0	5,2	0,65	3,6	1,2	4,0	5,49	58
60/1	40	3,6	5,0	0,71	2,9	1,1	4,2	4,71	53
60/30	51	4,7	5,1	0,65	3,7	1,1	3,9	5,42	58
60/60	44	3,6	5,2	0,66	3,7	1,2	3,9	5,50	58
SA	23	3,3	4,9	0,43	2,7	0,9	4,2	4,03	49
AM	36	3,5	5,0	0,54	3,2	1,0	4,2	4,64	52

7- Análise química do efluente utilizado no experimento 1 (2007)

Sólido total	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
			(%)						ppm		
5,6	2,42	0,87	1,15	0,87	0,37	0,31	69	73,81	633	5033	287

8- Análise química do efluente utilizado no experimento 2 (2008)

Sólido total	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
			(%)						ppm		
5,7	2,45	0,9	1,2	0,8	0,4	0,4	80	74,32	643	5100	290

9- Análise química do efluente utilizado no experimento 3 (2009)

Sólido total	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
			(%)						ppm		
5,8	1,97	1,14	2,69	2,53	0,77	0,51	125	39,05	380	540	47

10- Análise química do efluente utilizado no experimento 2 (2010)

Sólido total	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
			(%)						ppm		
5,8	39,31	1,14	2,59	2,53	0,77	0,51	125	39,05	380	540	47

11- Análise química do efluente utilizado no experimento 2 (2011)

Sólido total	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
			(%)					ppm	
5,8	1,54	0,86	1,84	1,62	0,57	221	91,50	291	288