



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
Área de concentração em Irrigação e Drenagem**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**TESE DE DOUTORADO**

**USO DE EFLUENTES DE BIODIGESTOR NAS CULTURAS  
DE SOJA, MILHO E TIFTON NO OESTE DO PARANÁ**

**PEDRO ELTON WEBER**

CAMPINA GRANDE  
Estado da Paraíba – Brasil  
Novembro – 2013

**PEDRO ELTON WEBER**

**USO DE EFLUENTES DE BIODIGESTOR NAS CULTURAS  
DE SOJA, MILHO E TIFTON NO OESTE DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de doutor em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**

Engenharia de Irrigação e Drenagem

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima - UFCG

**Coorientador:** Prof. Dr. Laércio Mantovani Frare - UTFPR

**CAMPINA GRANDE**  
**Estado da Paraíba – Brasil**  
**Novembro - 2013**



W375u

Weber, Pedro Elton.

Uso de efluentes de biodigestor nas culturas de soja, milho e tifton no oeste do Paraná / Pedro Elton Weber. - Campina Grande, 2013.

151 f.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, Prof. Dr. Laércio Mantovani Frare".

Referências.

1. Adubo Orgânico. 2. Impactos Ambientais. 3. Cultivo de Soja. 4. Resíduos. 5. Dissertação - Engenharia Agrícola. I. Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Frare, Laércio Mantovani. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 631.861(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CTRN**  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais

**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE**

**PEDRO ELTON WEBER**

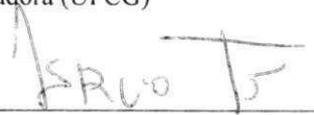
**USO DE EFLUENTES DE BIODIGESTOR NAS CULTURAS DE SOJA, MILHO  
E TIFTON NO OESTE DO PARANÁ**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

  
**Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Antunes de Lima**  
Orientadora (UFCG)

APROVADO

  
**Dr. Laercio Mantovani Frare**  
Examinador (UTFPR)

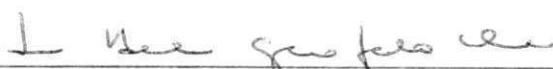
APROVADO

  
**Dr. Nildo da Silva Dias**  
Examinador (UFERSA)

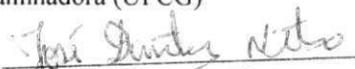
APROVADO

  
**Dr. Delfran Batista dos Santos**  
Examinador (IFBAIANO)

APROVADO

  
**Dr.<sup>a</sup> Lúcia Helena Garófalo Chaves**  
Examinadora (UFCG)

APROVADO

  
**Dr. José Dantas Neto**  
Examinador (UFCG)

APROVADO

**NOVEMBRO DE 2013**

Em mais uma etapa da minha vida DEUS permitiu e me concedeu forças para alcançar mais este objetivo, um sonho realizado com muito orgulho.

Dedico

À minha esposa, Inésia Conrad Weber, por todo o apoio, companheirismo e pela confiança depositada em mim. Obrigado pela paciência e compreensão.

A meu filho Vanderlei Conrad Weber, pelo apoio, compreensão e incentivo.

A minha mãe Hilda Weber, por tudo que tem feito para que pudesse enfrentar o mundo em busca de meus objetivos. Obrigado pela vida, pelo carinho, paciência e incentivo durante toda a caminhada.

*IN MEMÓRIAM:* A meu pai, Abilio Weber, que neste mundo sempre lutou e deu exemplos para que pudesse me tornar um homem de bem, e depois, lá do paraíso eterno, acompanhou todas as conquistas, orando por mim.

Não me sinto obrigado a acreditar que o mesmo Deus que nos dotou de sentidos,  
razão e intelecto, pretenda que não os utilizemos.  
Galileu Galilei

# Agradecimentos

À professora Vera Lucia Antunes de Lima pelo apoio, paciência e sabedoria com as quais conduziu a orientação.

Aos mestres que, com sua paciência me fizeram aprender, antes de me ensinarem.

Ao professor Laercio Mantovani Frare pelo apoio e colaborações.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial pelo curso de Engenharia Agrícola que aceitou o desafio do convênio interinstitucional DINTER.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Medianeira, pelo empenho dispensado na elaboração do projeto DINTER e pelos contatos que resultaram neste curso.

Aos colegas de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, pelo apoio, motivação e amizade.

À todas as pessoas que, de uma ou de outra forma, contribuíram para a realização deste trabalho

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>Considerações Gerais</b> .....	17
<b>RESUMO</b> .....	18
<b>ABSTRACT</b> .....	19
1.1. INTRODUÇÃO .....	20
1.2. OBJETIVOS .....	23
1.2.1. Objetivo Geral .....	23
1.2.2. Objetivos específicos.....	23
1.3. HIPÓTESE .....	23
1.4. REVISÃO DE LITERATURA .....	23
1.4.1. Importância Econômica da Suinocultura e a Pecuária no Brasil e no Mundo .....	23
1.4.2. Os Dejetos dos Animais Confinados .....	25
1.4.3. Biodigestores: características gerais.....	30
1.4.3.1. Vantagens dos Biodigestores .....	32
1.4.3.2. Desvantagens dos biodigestores.....	33
1.4.4.3. Processo anaeróbio .....	34
1.5. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO .....	35
1.5.1. Localização e caracterização do experimento .....	35
1.5.2. Clima .....	35
1.5.3. Delineamento experimental e tratamentos .....	36
1.5.4. Material de solo .....	38
1.5.4.1. Análises físico-químicas do solo .....	38
1.5.5. Efluentes aplicados .....	40
1.5.5.1. Caracterização biológica dos efluentes .....	42
1.5.5.2. Características físico-químicas dos efluentes .....	43
1.5.6. Culturas estudadas .....	44
1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Matéria seca e teor de nutrientes na folha de capim Tifton 85 cultivado em solo biofertilizado com efluentes</b> .....	49
<b>RESUMO</b> .....	50
<b>ABSTRACT</b> .....	51
2.1. INTRODUÇÃO .....	52

2.2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS .....	54
2.2.1.	Plantio do capim tifton 85 .....	54
2.2.2.	Avaliação de nutrientes no tecido foliar .....	54
2.2.3.	Análise de rendimento da cultura .....	54
2.2.4.	Metodologia para tratamento estatístico dos dados obtidos durante o experimento .....	56
2.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
2.3.1.	Massa de matéria seca de capim tifton 85 .....	56
2.3.1.1.	Massa de matéria seca em função dos tipos de efluente .....	57
2.3.1.2.	Massa matéria seca produzida em função da aplicação de diferentes dosagens de efluente .....	58
2.3.1.3.	Massa matéria seca produzida em função do tempo .....	61
2.3.1.4.	Análise da massa seca de capim tifton 85 produzida no desdobramento das dosagens de efluente para cada período de tempo .....	63
2.3.2.	Acúmulo de macronutrientes na parte aérea .....	65
2.3.2.1.	Acúmulo de nutrientes em função dos tipos de efluentes .....	66
2.3.2.2.	Teor de nutrientes em função das diferentes dosagens de efluentes .....	68
2.3.2.3.	Teor de nutrientes em função das diferentes épocas de corte .....	71
2.3.2.4.	Teor de nutrientes no desdobramento dos tipos de efluente para cada dosagem .....	73
2.4.	CONCLUSÕES .....	86
2.5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88

### **CAPÍTULO 3**

#### **Análise de crescimento e produção da soja cultivada em solo biofertilizado com diferentes efluentes.....**

94

#### **RESUMO .....**

95

#### **ABSTRACT .....**

96

3.1.	INTRODUÇÃO .....	97
3.2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS .....	99
3.2.1.	Delineamento experimental .....	99
3.2.2.	Semeadura da soja .....	99
3.2.3.	Variáveis de crescimento da soja .....	99

3.2.3.1. Altura das plantas .....	99
3.2.3.2. Diâmetro do caule .....	100
3.2.3.3. Medição da área foliar da soja .....	100
3.2.4. Variáveis de rendimento da cultura .....	101
3.2.5. Taxa de Crescimento Relativo .....	101
3.2.6. Metodologia para tratamento dos dados obtidos durante o experimento .....	101
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	102
3.3.1. Altura da soja .....	102
3.3.1.1. Altura das no desdobramento dos tipos de efluente nas dosagens de efluente de biodigestor.....	103
3.3.1.2. Taxa de crescimento relativo da altura da soja .....	104
3.3.2. Diâmetro do caule da soja .....	106
3.3.2.1. Diâmetro caulinar da soja no desdobramento dos tipos de efluente nas diferentes dosagens .....	106
3.3.2.2. Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar da soja .....	107
3.3.3. Área foliar da soja .....	108
3.3.3.1. TCR da área foliar da soja .....	110
3.3.4. Análise da produção de sementes de soja .....	111
3.3.4.1. Número de grãos por planta de soja .....	111
3.3.4.2. Massa seca de grãos por planta de soja .....	112
3.4. CONCLUSÕES .....	115
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116

## **CAPÍTULO 4**

### **Análise de crescimento e produção de milho cultivado em solo biofertilizado com diferentes efluentes.....**

<b>RESUMO .....</b>	<b>120</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>121</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	122
4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS .....	123
4.2.1. Delineamento experimental .....	123
4.2.2. Semeadura do milho .....	123
4.2.3. Variáveis de crescimento do milho .....	124
4.2.3.1. Altura da planta .....	124

4.2.3.2. Diâmetro do caule .....	124
4.2.3.4. Medição da área foliar do milho .....	124
4.2.4. Variáveis de rendimento da cultura .....	125
4.2.5. Taxa de Crescimento Relativo .....	125
4.2.6. Metodologia para tratamento dos dados obtidos durante o experimento .....	126
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	126
4.3.1. Altura da planta .....	126
4.3.1.1. Taxa de crescimento relativo da altura do milho .....	127
4.3.2. Diâmetro do caule .....	128
4.3.2.1. Diâmetro caulinar do milho no desdobramento dos tipos de efluente nas diferentes dosagens .....	129
4.3.2.2. Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do milho .....	131
4.3.3. Área foliar do milho .....	133
4.3.3.1. Taxa de crescimento relativo da área foliar do milho .....	135
4.3.4. Análise da produção de sementes de milho .....	136
4.3.4.1. Número de grãos por planta .....	136
4.3.4.2. Massa de grãos por planta .....	141
4.4. CONCLUSÕES .....	145
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	146
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	150
6. RECOMENDAÇÕES .....	151

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1. Interação entre os dejetos de animais e as doenças infecciosas nos homens e animais	26
Quadro 1.2. Quantidade diária de dejetos produzida por tonelada de animal vivo	28
Quadro 1.3. Quadro Meteorológico da Estação meteorológica Davis Vantage Pro2- Cascavel - Paraná	36
Quadro 1.4. Composição biológica dos efluentes utilizados no experimento	42
Quadro 1.5. Caracterização físico-química dos efluentes dos biodigestores	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Representação esquemática de um biodigestor anaeróbio	32
Figura 1.2. Mapa do Paraná, microrregião do Oeste do Paraná e município de Medianeira-PR	35
Figura 1.3. Imagem da instalação construída para o experimento	37
Figura 1.4. Esquema de delineamento dos vasos para os experimentos	38
Figura 1.5. Fotografia de um biodigestor vertical no interior do município de Marechal Cândido Rondon	41
Figura 1.6. Biodigestor de fluxo semicontínuo, horizontal	41
Figura 2.1. Análise de regressão para a massa seca de capim, em função das diferentes dosagens de efluente	59
Figura 2.2. Representação das médias das massas de matéria seca do tifton 85 (MT) em função do tempo produzidas em solo fertilizado com resíduos líquidos	62
Figura 2.3. Representação das médias das massas matéria seca da forrageira em função do tempo para cada dosagem de efluente	64
Figura 2.4. Teores de Potássio (a) e Magnésio (b) na parte aérea de Tifton 85 em função dos diferentes tipos de efluentes	67
Figura 2.5. Teores de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d)	

	e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função das dosagens de efluentes	68
Figura 2.6.	Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função das diferentes épocas de corte	71
Figura 2.7.	Porcentagem de Potássio (a), Cálcio (b) e Magnésio (c) na parte aérea das plantas de Tifton 85 em função dos diferentes tipos e dosagens de efluentes	74
Figura 2.8.	Porcentagem de Potássio (a), Cálcio (b) e Magnésio (c) na parte aérea das plantas de Tifton 85 em função dos diferentes tipos e dosagens de efluentes	75
Figura 2.9.	Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea das plantas de Tifton 85, em função dos diferentes tipos de efluentes e épocas de corte	78
Figura 2.10.	Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função dos diferentes níveis de efluentes e épocas de corte	81
Figura 2.11.	Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função dos diferentes dosagens de efluentes e épocas de corte	84
Figura 3.1	Instrumentos de medida (trena e paquímetro digital) utilizados para auferir a altura e o diâmetro do caule das plantas	100
Figura 3.2.	Altura da soja cultivada em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluente bovino	104
Figura 3.3.	Taxa de crescimento relativo da altura do cultivar soja, fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira	105
Figura 3.4.	Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do cultivar soja, fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira	107
Figura 3.5.	Área foliar de uma planta de soja por tempo em solo fertilizados com diferentes dosagens de efluente suíno	109
Figura 3.6.	Área foliar da soja por tempo em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluente bovino	110
Figura 3.7.	TCR da área foliar da soja observada pelo período de 75	

	dias	110
Figura 3.8.	Número de grãos por planta de soja em solo biofertilizado com diferentes dosagens de efluentes	112
Figura 3.9.	Massa seca por planta de soja em função do solo biofertilizado com diferentes dosagens de efluentes	113
Figura 4.1.	Taxa de crescimento relativo da altura do cultivar milho fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira	128
Figura 4.2.	Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do cultivar milho fertilizado com efluente suíno(a) e efluente bovino(b)	132
Figura 4.3.	Comparação da TCR da área foliar do milho fertilizado com diferentes tipos e dosagens de efluentes	136
Figura 4.4.	Análise de regressão para o número de grãos de milho por planta produzido em solos fertilizados com resíduo proveniente da suinocultura e bovinocultura leiteira, em função da dosagem de efluente aplicada no solo	139
Figura 4.5.	Resultado da análise de regressão para a massa de grãos de uma planta de milho produzido em solos fertilizados com resíduo proveniente da suinocultura e bovinocultura leiteira, em função da taxa de efluente aplicada no solo	143

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1.	Análise granulométrica do solo da área experimental utilizado para o plantio e semeadura dos cultivares	39
Tabela 1.2.	Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio das culturas	39
Tabela 2.1.	Resumo da análise de variância para a massa de capim tifton 85	57
Tabela 2.2.	Resultado da comparação das médias das massas secas por tipo de efluente	57
Tabela 2.3.	Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens de efluente para cada tipo de efluente	58
Tabela 2.4.	Resumo das análises de variância referente aos dados da massa do tifton 85 (g), matéria seca, no desdobramento das dosagens de efluentes dentro de cada nível de tempo	63
Tabela 2.5.	Equações de regressão que representam a produção de massa de matéria seca do tifton 85 em função do tempo para cada dosagem de efluente	65
Tabela 2.6.	Resumo da análise de variância e regressão para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em %, na parte aérea de Tifton 85	66
Tabela 2.7.	Desdobramento dos diferentes tipos de efluente em cada dosagem aplicada para os teores de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85	73
Tabela 2.8.	Desdobramento das diferentes dosagens em cada tipo de efluente aplicado para os teores de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85	75
Tabela 2.9.	Desdobramento dos diferentes tipos de efluente em cada época de corte para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85	77
Tabela 2.10.	Desdobramento das diferentes épocas de corte em cada tipo de efluente aplicado para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85	77
Tabela 2.11.	Desdobramento das diferentes dosagens de efluente em cada época de corte para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na	

	parte aérea de Tifton 85	80
Tabela 2.12.	Desdobramento das diferentes épocas de corte em cada dosagem de efluente aplicado para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85	83
Tabela 3.1.	Resumo das análises de variância referente aos dados da altura da soja (cm) desde a germinação até 105 dias	102
Tabela 3.2.	Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente	103
Tabela 3.3.	Resumo das análises de variância referente aos dados diâmetro do caule da soja (cm) desde a germinação até 105 dias após a emergência das plantas (DAE)	106
Tabela 3.4.	Resumo da análise de variância do crescimento do diâmetro caulinar da soja no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente	107
Tabela 3.5.	Resumo das análises de variância referente aos dados do número de grãos de soja por planta	111
Tabela 3.6.	Resumo das análises de variância referente à massa matéria seca dos grãos de soja	113
Tabela 4.1.	Resumo das análises de variância referente aos dados da altura do milho desde a germinação aos 105 dias após a emergência das plantas (DAE)	126
Tabela 4.2.	Resumo das análises de variância do diâmetro do caule do milho durante 105 DAE	129
Tabela 4.3.	Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente	130
Tabela 4.4.	Teste de médias para avaliar o desempenho do efluente bovino no desenvolvimento do diâmetro do caule (cm) do milho durante 105 dias após a emergência das plantas (DAE)	130
Tabela 4.5.	Resumo das análises de variância referente aos dados da área foliar do milho (cm <sup>2</sup> ) desde a germinação aos 105 dias após a emergência das plantas (DAE)	133
Tabela 4.6.	Teste de médias para avaliar a dosagem de efluente suíno no crescimento da área foliar (cm <sup>2</sup> ) do milho durante 105 dias após a emergência das plantas (DAE)	134
Tabela 4.7.	Teste de médias para avaliar a dosagem de efluente bovino no crescimento da área foliar (cm <sup>2</sup> ) do milho durante 105	

	dias após a emergência das plantas (DAE)	134
Tabela 4.8.	Resumo das análises de variância referente aos dados do número de grãos de milho por planta	137
Tabela 4.9.	Teste de médias para comparar o desenvolvimento do número de grãos de milho por planta, aplicando-se diferentes efluentes no solo	137
Tabela 4.10.	Resumo da análise de variância da formação do número de grãos por planta no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente	138
Tabela 4.11.	Resumo das análises de variância referente aos dados da massa dos grãos de milho por planta	141
Tabela 4.12.	Teste de médias para comparar a massa dos grãos de milho produzidos em solos fertilizados com efluentes provenientes da suinocultura e da bovinocultura leiteira	144

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABIEPCS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína

Af – Área foliar

At – Área total dos discos

C – Comprimento das folhas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAE – Dias Após a Emergência

DBO – Demanda Biológica do Oxigênio

DQO – Demanda Química do Oxigênio

DR – Densidade de raiz

IAF – Índice de área foliar

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L – Largura das folhas

M.O. - Massa Orgânica

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

MS – Massa Seca

Msd – Massa seca dos discos

Msf – Massa seca total de todas as folhas

$MS_p$  – Massa Seca Parcial

$MU_p$  – Massa Úmida Parcial

$MU_T$  – Massa Úmida Total

SISVAR – Software de análises estatísticas e planejamento de experimentos

SPACs - Sistemas de Produção de Animais Confinados

TCR = Taxa de crescimento relativo

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo)

v - Volume

$dt$  = Variação do tempo

$dw$  = Variação da variável independente

## **CAPÍTULO 1**

### **Considerações Gerais**

---

## USO DE EFLUENTES DE BIODIGESTOR NAS CULTURAS DE SOJA, MILHO E TIFTON, NO OESTE DO PARANÁ

### RESUMO

A suinocultura e a bovinocultura leiteira são atividades agrícolas muito intensas na região oeste do Paraná. Os dejetos dessas atividades são, geralmente, tratados por meio de biodigestores usando-se o efluente como adubo orgânico para a lavoura. Desta forma, neste estudo objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação destes efluentes sobre o crescimento e a produção das culturas soja, milho e capim Tifton 85 em um Latossolo Vermelho Distrófico Típico. O experimento foi realizado em vasos, em uma propriedade rural próxima da cidade de Medianeira - Paraná. O delineamento experimental foi em blocos casualizados num esquema fatorial (2x4), dois tipos de efluentes (suinocultura e bovinocultura) e quatro dosagens de efluentes (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições, para cada cultura. Os resultados indicaram que o efluente da bovinocultura leiteira foi mais eficiente que o da suinocultura para o cultivo do capim Tifton 85. A dosagem de 65 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> de efluente bovino estimou aumento de 110% a produtividade de massa seca de capim, enquanto que, com efluente suíno a estimativa foi de 111 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. As diferentes dosagens e os tipos de efluente influenciaram no acúmulo dos nutrientes na parte aérea do capim tifton 85. Os efluentes suíno e bovino não influenciaram o diâmetro caulinar da soja; a altura da planta de soja foi influenciada somente pelo efluente bovino de modo que as maiores dosagens resultaram em maiores alturas. As doses do efluente suíno e bovino estimadas na produção máxima de massa seca de grãos de soja foram de 67,5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> e 70,7 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> proporcionando um aumento de 90% e 112,5%, respectivamente em relação à dosagem 0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Para o crescimento do milho o tipo de efluente não influenciou na altura e no diâmetro caulinar, mas influenciou no crescimento da área foliar, número de grãos e massa seca de grãos por planta. As doses dos dois efluentes influenciaram na altura do milho apenas nos 30 primeiros dias após a emergência e na área foliar em todo o período de crescimento da cultura. Foi observado que com efluente bovino as doses mais elevadas resultaram em menor área foliar e menor crescimento do diâmetro caulinar. Através da equação de regressão, a produtividade máxima de massa seca de milho, 183,24 g por planta, foi estimada com a dosagem de 43,3 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> de efluente suíno. Em relação à dosagem zero, a massa seca foi aumentada em 12,17%; no uso de efluente bovino as maiores dosagens de efluente reduziram a produção de massa seca de grãos de milho.

Palavras- chave: Cultura, Resíduos, Impactos Ambientais

## WASTEWATER USE IN CROP BIODIGESTER SOY, CORN AND TIFTON THE WEST PARANÁ

### ABSTRACT

The swine and dairy cattle are farming activities very intense in western Paraná. The waste of these activities are usually treated by digester using the effluent as organic fertilizer for farming. Thus, this study aimed to evaluate the effects of applying these effluents on the growth and yield of crops soybean, corn and Tifton 85 grass in a Typical Oxisol. The experiment was carried out in pots, on a farm near the Medianeira city - Paraná. The experimental design was a randomized block design in a factorial (2x4), two types of effluents (swine and cattle) and four doses of effluent (0, 20, 40 and 80 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>), with five replicates for each culture. The results indicated that the effluent from dairy cattle was more efficient than the swine for the cultivation of Tifton 85 grass. The dosage of 65 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> effluent bovine estimated 110% increase productivity of dry grass, whereas pigs with an estimated effluent was 111 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. The different dosages and types of effluent influence the accumulation of nutrients in shoots of Tifton 85. The effluent swine and cattle did not affect stem diameter soybean; the height of the soybean plants was affected by bovine effluent so that the higher dosages resulted in greater heights.. The measurements of the effluent pork and beef production in the maximum estimated dry weight of soybeans were 67.5 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> and 70.7 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> resulting in an increase of 90% and 112.5%, respectively compared to dosage 0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. For the growth of corn the type of effluent did not affect the height and the stem diameter, but influenced the increase in leaf area, grain number and dry weight of grain per plant. The doses of both effluents influenced the height of the corn only during the first 30 days after germination and leaf area throughout the growth period of the culture. It was observed that with the effluent bovine higher dosages resulted in lower leaf area and lower growth of stem diameter. Through the regression equation, the maximum yield of dry corn, 183.24 g per plant, was estimated with the dosage of 43.3 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> effluent pig. Regarding the dosage zero, the dry weight was increased by 12.17%; with the use of larger doses bovine effluent reduced dry matter production of corn.

Keywords: Culture, Waste, Environmental Impacts

Regarding the dosage zero, the dry weight was increased by 12.17%

## 1.1. INTRODUÇÃO

A região oeste do Estado do Paraná é uma grande produtora de suínos, bovino leiteiro e aves, além da exploração agrícola, principalmente as culturas de milho e soja. Essa região produz cerca de 56% de carne suína do Estado do Paraná que, por sua vez, é o terceiro maior produtor de carne suína do Brasil perdendo apenas para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; nesta região oeste do Estado do Paraná há três grandes empresas frigoríficas uma vez que existe grande aceitação da carne suína brasileira no exterior para onde é destinada a maior parte da carne produzida. Essas empresas, além de atrair novos produtores agrícolas para a atividade da suinocultura, incentivam os produtores rurais que já praticam esta atividade; surgem, então, grandes planteis de suínos em pequenas propriedades rurais, com o propósito de gerar mais renda.

De 1994 a 2008 o abate de suínos na região oeste do Estado do Paraná cresceu 364,6% e continua em crescimento. Segundo o relatório divulgado sobre os agrocombustíveis em março de 2008, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), de 2012 até 2030 o mundo terá de aumentar em 20% a produção per capita de carne. As carnes com perspectivas de maiores crescimentos serão carne de aves (40,4%), suína (20%), peixe (19%) e carne bovina (12,7%) (DE PAULA et al., 2010).

A criação de animais em grande escala gera, também, uma elevada quantidade de resíduos, o que vem sendo um problema para os pecuaristas. Uma das soluções dos criadores de animais para este impasse é o uso desses dejetos para a biofertilização do solo já que, comprovadamente, existem nutrientes nestes rejeitos. Porém, o uso indiscriminado desses dejetos pode alterar consideravelmente as propriedades do solo e as águas subterrâneas, contaminando-as e, desta forma, gerar impactos ambientais negativos.

Para Kunz & Palhares (2004), os dejetos da suinocultura são compostos por fezes, urina, restos de ração e água e, em menores proporções, carcaças de suínos mortos e restos de parição embora já exista na maioria das grandes propriedades produtoras de suínos, a caixa de compostagem, a qual evita que suínos mortos sejam jogados juntamente com os demais dejetos.

A legislação ambiental para a suinocultura no Estado do Paraná, Resolução IAP/SEMA nº. 031/1998, determina que o criador de suínos providencie licença prévia de instalação e de operação. De acordo com a Resolução citada, a complexidade das exigências aumenta com o porte da criação e devido ao seu alto grau de poluição, os dejetos gerados deverão, obrigatoriamente, sofrer tratamento preliminar e, posteriormente, seguir para tratamento secundário. O tratamento preliminar poder ser feito em sistemas de armazenamento ou em sistemas físicos; já o tratamento secundário é constituído de sistemas biológicos destinados à estabilização da matéria orgânica, como compostagem, lagoas de estabilização, digestores e biodigestores; no entanto, independente do planejamento quanto à localização das instalações para a prática da suinocultura, o problema de demanda dos dejetos continua.

A ambientalistas alertam para um problema grave que os dejetos da suinocultura possam trazer, uma vez que animais em confinamento acumulam dejetos em grandes proporções. Por exemplo, um chiqueirão com 1000 animais de corte adultos geram em média 8500 kg de dejetos por dia e, normalmente, essas instalações ficam localizadas em pequenas propriedades rurais, muitas vezes sem nenhum tratamento nem destino correto.

Para atender às normas da legislação ambiental do Estado do Paraná e minimizar os impactos ambientais gerados pelos dejetos da suinocultura e da bovinocultura leiteira, muitos pecuaristas instalam biodigestores como forma de tratamento dos efluentes e para a produção de biogás. O biogás é produzido durante a digestão anaeróbia do efluente e contribui no aumento dos gases que causam o efeito estufa.

Outro problema igualmente importante se refere aos dejetos da bovinocultura leiteira. O resíduo não pode ficar acumulado próximo das instalações onde os animais são criados ou ordenhados, visto que o dejetos provoca mau cheiro, forma criadouros de insetos e proliferação de patógenos, razão por que precisa também de um tratamento com destino correto.

A biodigestão é um tratamento de resíduos que reduz vários problemas relacionados a problemas ambientais mas, mesmo assim, precisa de um manejo adequado.

Na região Oeste do Estado do Paraná poucos são os estudos que avaliam o potencial poluidor dos efluentes dos biodigestores. Existem inúmeros estudos na literatura sobre a aplicação dos resíduos não tratados de diversos animais (aves, suínos, bovinos, caprinos etc.) diretamente na lavoura, com a finalidade de analisar resultados voltados à produtividade agrícola; a exemplo, tem-se: características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos natural (CERETTA et al., 2003); caracterização dos afluentes e efluentes suinícolas em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental (PALHARES & CALIJURI, 2007), entre outros.

Ensejando evitar a contaminação do solo e a redução da produtividade agrícola, foi realizado um estudo físico, químico e biológico da qualidade dos efluentes dos biodigestores de suinocultura e bovinocultura leiteira e realizado um monitoramento do solo que recebeu os efluentes; outro estudo se deu no sentido de avaliar o crescimento e a produtividade das culturas aplicando-se diferentes efluentes de biodigestores e diversas dosagens de cada tipo de efluente, de modo que o agricultor possa continuar a prática sabendo aproveitar melhor os efluentes disponíveis na sua propriedade para então obter maior produtividade, mas de forma equilibrada, evitando danos ao meio ambiente.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade técnica do uso de efluentes de biodigestor alimentados com dejetos das atividades da suinocultura e bovinocultura leiteira nas culturas de soja, milho e tifton, no oeste do Estado do Paraná.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar a composição biológica e físico-química do efluente oriundo dos biodigestores da suinocultura e da bovinocultura leiteira;
- Analisar a massa matéria seca e o teor de nutrientes nas folhas do capim Tifton 85 cultivado em solo biofertilizado com diferentes efluentes;
- Analisar o crescimento e a produção da soja cultivada em solo biofertilizado com diferentes efluentes;
- Analisar o crescimento e a produção de milho cultivado em solo biofertilizado com diferentes efluentes.

## **1.3. HIPÓTESE**

Os diferentes tipos de efluentes e as variadas dosagens aplicadas no solo podem resultar em variações no crescimento e na produtividade de forrageiras.

## **1.4. REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.4.1. Importância Econômica da Suinocultura e a Pecuária no Brasil e no Mundo**

O Brasil, devido à sua vasta extensão territorial e ao clima tropical, possui grande potencial em produtividade agrícola mas ainda falta tecnologia para concorrermos com países desenvolvidos como EUA, Canadá, União Europeia e, inclusive, a China; além da produção agrícola o Brasil é um grande explorador da bovinocultura, suinocultura e da avicultura.

Para Miele & Machado (2006) a fonte de proteína animal mais importante no mundo é oriunda da carne de suínos, cujo consumo representa quase a metade da produção e do consumo de carnes no mundo. Segundo o autor, o Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo e o sexto maior consumidor de carne suína ressaltando que em relação à produção de carne suína perdemos para China, União Europeia e Canadá.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína- ABIPECS (2006) a produção e exportação de carne suína no Brasil apresentou crescimento de 84% entre 1996 e 2006; o País não é grande consumidor de carne suína, visto que seu consumo per cápita é inferior à média mundial e à média de países como a União Europeia, Estados Unidos da América e China; internamente o consumo per cápita é de 11 a 13 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> enquanto na União Europeia é cinco vezes maior e três vezes maior nos Estados Unidos da América e na China (ABIPECS, 2006). O mercado exportador de carne brasileira só não é maior porque não conseguimos atingir os padrões de exigência de grandes países importadores. Segundo Miele & Machado (2006), os principais mercados importadores (Japão, México, EUA e Coreia do Sul) estão fechados para a carne suína *in natura* brasileira, em função de restrições sanitárias. Mesmo assim de 2006 a 2013 a produção de carne suína brasileira aumentou 600% exportando cerca de 90% da produção (ABIPECS, 2013).

Kunz (2009) afirma, de acordo com dados do Ministério da Agricultura, que houve um crescimento no agronegócio de 23% nas exportações em 2008 em comparação com 2007 contribuindo com 36,3% de todas as exportações brasileiras e que correspondem a uma entrada de 71,9 bilhões de dólares; ainda, segundo o autor, um estudo do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2011) prevê um aumento significativo do agronegócio estimando que em 2018/2019 as exportações de carne bovina e suína possam representar 60,6 e 21%, respectivamente, da comercialização mundial de carne.

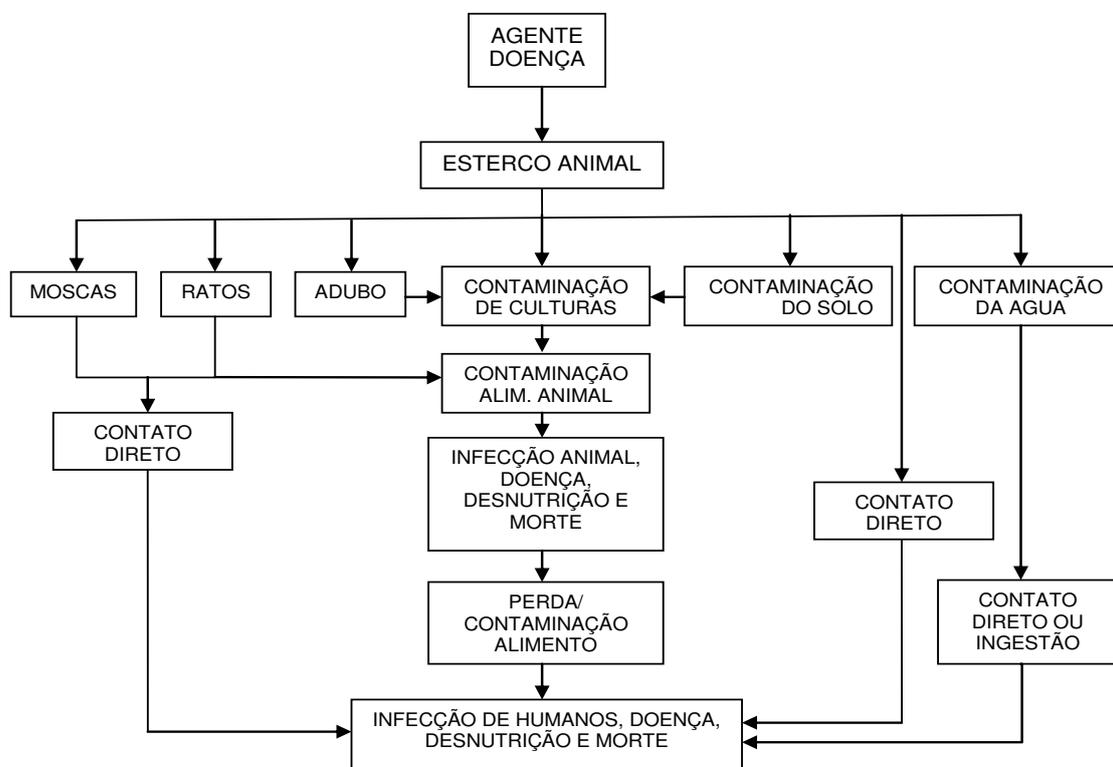
### 1.4.2. Os Dejetos dos Animais Confinados

O agronegócio uma atividade bastante rentável e as estimativas visualizam grande crescimento para os próximos anos. Atualmente se pratica muito a criação de animais no sistema de confinamento, denominado de Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPACs) tendência para os próximos anos, isto é, a criação de aves e suínos em confinamento já é prática comum.

Schultz (2007) ressalta que a geração de resíduos de animais confinados corresponde a quatro vezes o equivalente populacional humano e se não forem tratados corretamente, tornar-se-ão um poderoso agravante ambiental, por possuírem altas concentrações de sólidos, matéria orgânica, nutrientes, substâncias patogênicas, cor e odor. Geralmente ficam dispostos em esterqueiras, que são depósitos em que o objetivo é captar o volume de dejetos líquidos produzidos num sistema de criação durante determinado período de tempo para que ocorra a fermentação anaeróbica da matéria orgânica. A carga de abastecimento é diária permanecendo o material em fermentação, até a retirada (DIESEL et al., 2002). Um dos motivos da poluição é o lançamento direto sem o devido tratamento nos cursos de água, acarretando desequilíbrios ecológicos e redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos (DIESEL et al., 2002).

Os dejetos suínos possuem, em média, 0,25% de Fósforo, 0,60% de Nitrogênio total e 0,12% de Potássio e 0,61% de Cálcio. O odor desagradável pode gerar certo desconforto em razão da presença de gases nocivos como: amônia, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e metano, resultantes da decomposição biológica da matéria orgânica do esterco (OLIVEIRA, 1993). Além disto, podem conduzir à poluição do ar e ao aparecimento de enfermidades, no homem e no animal; outro problema passível de ser enfatizado é o lançamento de gases, que contribuem para o aumento do efeito estufa oriundo principalmente dos processos anaeróbios dos sistemas de armazenamento ou tratamento dos dejetos (SINOTTI, 2005). O quadro 1.1 ilustra a interação entre a produção de dejetos e a proliferação de doenças infectocontagiosas.

Quadro 1.1. Interação entre os dejetos de animais e as doenças infecciosas nos homens e animais



Fonte: OLIVEIRA (1993)

Os organismos patogênicos são excretados na urina e nas fezes, motivo pelo qual são encontrados nos resíduos dos animais; a salmonelose, por exemplo, tem o poder de se multiplicar até 100.000 vezes na água dos rios, aumentando a suscetibilidade de doenças; os coliformes fecais causam doenças como a leptospirose, tularemia, febre aftosa, hepatite e peste suína clássica; alguns coliformes, como a *E. coli*. (*Escherichia coli*), uma bactéria bacilar, pode manifestar patogenicidade nociva para pessoas adultas e ser fatal para as crianças.

Técnicos ambientalistas recomendam que as águas residuárias despejadas nos rios sejam desinfetadas e, para isto, a cloração tem sido o método mais comum (OLIVEIRA, 1993). Quando o estrume líquido é aplicado em grandes quantidades no solo sem tratamento prévio, poderá ocorrer sobrecarga da capacidade de filtração do solo, além de retenção dos nutrientes. Alguns desses

nutrientes podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais acarretando problemas de contaminação (OLIVEIRA, 1993).

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são considerados como os principais problemas de poluição dos cursos hídricos. Além dos macronutrientes essenciais os dejetos de suínos contêm, devido à suplementação mineral oferecida aos animais, micronutrientes como o Zn, Mn, Cu e Fe que, em doses elevadas, também podem ser tóxicos às plantas (PERDOMO et al., 2001).

Segundo Oliver (2008) a aplicação de dejetos sem tratamento no solo pode acarretar: Queima de plantas; Poluição ambiental; Sequestro de nitrogênio para decomposição da celulose, causando deficiência das plantas; Disseminação das sementes de plantas daninhas; Conter micro-organismos patogênicos.

Há mais de uma década os grandes centros produtores de suínos já enfrentam dificuldades para manter seus atuais rebanhos, como decorrência do excesso de dejetos, da saturação das áreas para disposição agrônômica, da contaminação dos recursos naturais e dos altos investimentos para o tratamento dos efluentes. Esta situação é excelente oportunidade de crescimento para os países do Mercosul, especialmente o Brasil, que dispõe de clima tropical e extensas áreas para a utilização como fertilizante agrícola (DARTORA et al., 1998).

Diante de inúmeros problemas que esses resíduos possam acarretar ao meio ambiente é imprescindível a busca por alternativas. Medeiros & Lopes (2006) enfatizam que:

A preocupação em se gerar alternativas ao problema dos rejeitos líquidos e sólidos na agricultura, transformá-los em insumos de baixo custo e capazes de serem aplicados na atividade produtiva primária, representa um grande avanço na preservação do meio ambiente; contudo, serão necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento, para que se produzam metodologias de elevado alcance para o agricultor, e grandes esforços no sentido de se consolidar o emprego desses processos bioquímicos como forma de se promover a sustentabilidade dos ambientes agrícolas.

Para Kunz (2009), os dejetos dos animais, produzem diversos gases conhecidos, como biogás, no qual há grandes concentrações de gases como

metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) que contribuem no aquecimento do ar atmosférico e a emissão de amônia, que contribui para a formação de chuva ácida. Quando decompostos anaerobicamente por um biodigestor, o biogás produzido, além de ser uma fonte de energia, sua queima reduz o efeito poluidor do ar, assim como o efluente que, aplicado no solo, reduz o efeito da contaminação do solo e da água.

A quantidade de dejetos produzidos por animal é significativa; o Quadro 1.2 mostra a quantidade diária de dejetos produzida por tonelada de animal vivo.

Quadro 1.2: Quantidade diária de dejetos produzida por tonelada de animal vivo

Parâmetro	Unidade		Tipo de animal			
			Gado de leite	Suíno	Frango de corte	Poedeiras
Dejeto total	kg	Média	86	84	85	64
		D.P.	17	24	13	19
Sólidos Totais	kg	Média	12	11	22	16
		D.P.	2,7	6,3	1,4	4,3
Sólidos voláteis	kg	Média	10	0,79	8,5	0,66
		D.P.	12	0,84	12	0,84
DBO	kg	Média	1,6	0,48	3,1	0,72
		D.P.	**	**	3,3	0,91
DQO	kg	Média	11	2,4	8,4	3,7
		D.P.	16	1,8	11	2,7
PH		Média	7,0	0,45	7,5	0,57
		D.P.	**	**	6,9	0,56
N-TKN	kg	Média	0,45	0,096	0,52	0,21
		D.P.	1,1	0,24	0,84	0,22
N-NH <sub>3</sub>	kg	Média	0,079	0,083	0,29	0,10
		D.P.	**	**	0,21	0,18
P-Total	kg	Média	0,094	0,024	0,18	0,10
		D.P.	0,30	0,053	0,30	0,081
Zinco	g	Média	1,8	0,65	5,0	2,5
		D.P.	3,6	**	19	33
Cobre	g	Média	0,45	0,14	1,2	0,84
		D.P.	0,98	**	0,83	0,84
Coliformes Totais	Colônias	Média	1100	2800	45	33
		D.P.	**	**	110	100
Coliformes termotolerantes	Colônias	Média	16	28	18	12
		D.P.	**	**	7,5	2,0

**Todos os** valores em peso úmido; \*\* nada a constar; D.P. = desvio padrão  
Fonte: KUNZ (2009)

Kunz (2009) afirma que os dejetos têm grandes concentrações de nutrientes minerais e, como os insumos agrícolas têm custo elevado, os criadores de animais usam esses dejetos como nutrientes na forma de biofertilizantes; trata-

se de uma prática que reduzirá os custos de produção agrícola; no entanto, existe a possibilidade de elementos lixiviarem e/ou percolarem causando impactos ambientais como a contaminação do solo e das águas subterrâneas e podendo, ainda, contaminar o ar.

Segundo Palhares & Calijuri (2007), o CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (2006) define, como impacto ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (PALHARES & CALIJURI, 2007).

Conforme Barros et al. (2003), a legislação brasileira passou a considerar a suinocultura intensiva como uma fonte de produção de resíduos altamente poluidora. Segundo os autores, no Brasil o sistema de armazenamento dos resíduos da suinocultura é feito em tanques para, posteriormente, ser aplicado no solo, prática que possibilita maior flexibilidade no manuseio.

Ainda de acordo com Barros et al. (2003), o problema principal é que nos efluentes existem, entre os nutrientes, concentrações significativas de metais pesados, como o zinco e o cobre, que podem contaminar o solo e fazem parte da composição da ração com a função de prevenir doenças e facilitar a digestão dos animais. Se altas dosagens volumétricas de efluentes são aplicadas na lavoura, grande parte não é absorvida pelas plantas e então fica retida no solo. O solo não tem capacidade de reter grandes quantidades de nutrientes variando de acordo com a textura do solo receptor, caso em que, com o passar do tempo, esses nutrientes em excesso poderão ser lixiviados e/ou percolados poluindo, assim, as águas subterrâneas e os rios.

Barros et al. (2003), afirmam que a infiltração e a percolação de metais pesados no solo têm relação direta com a quantidade de matéria orgânica e com o valor do pH. Quanto mais ricos em matéria orgânica e  $\text{pH} > 7$  a capacidade de retenção é elevada; do contrário, eles são lixiviados.

O Ministério da Saúde determinou, através da Portaria nº 1.469/29/12/2000, os valores máximos permitidos de zinco e cobre para a potabilidade

da água; para o zinco a taxa máxima permitida é de 5,0 mg L<sup>-1</sup> e para o cobre, a taxa máxima é de 2 mg L<sup>-1</sup>.

Os dejetos da suinocultura e da bovinocultura, é rica em biogás, e pode ser extraído a baixo custo. Desta forma e além de gerar outra fonte de renda, o reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) constitui um método eficiente para extrair o gás, remover matéria orgânica e sólidos em suspensão, fazendo com que o potencial poluidor reduza consideravelmente (BARBOSA et al., 2009).

Barbosa et al. (2009), ressalta que os reatores (UASB) fornecem vantagens e desvantagens; para eles, as grandes vantagens estão relacionadas com a eficiência de remoção de Demanda Biológica do Oxigênio (DBO) e dos sólidos nos dejetos da suinocultura e da bovinocultura; um tempo de seis horas de detenção hidráulica dentro de um reator é suficiente para remover cerca de oitenta por cento da DBO e setenta e cinco por cento dos sólidos em suspensão. Comparados com outros processos, como o de lodo ativado e em lagoas de estabilização, os tempos de permanência necessários para os mesmos resultados são de 12 a 24 horas em lodos ativados e de 20 a 30 dias em lagoas de estabilização.

#### **1.4.3. Biodigestores: características gerais**

De acordo com Kunz (2009), biodigestor é um reator químico cujas reações químicas têm origem biológica; nele ocorre a transformação da matéria provocada por bactérias que resultam em mudanças qualitativas na composição química podendo ser uma mudança de conectividade entre os átomos ou íons, na geometria das moléculas das espécies reagentes de substâncias, resultando em novos produtos. Numa reação química é preciso que ocorra pelo menos uma transformação da matéria criando ou desfazendo uma ligação química.

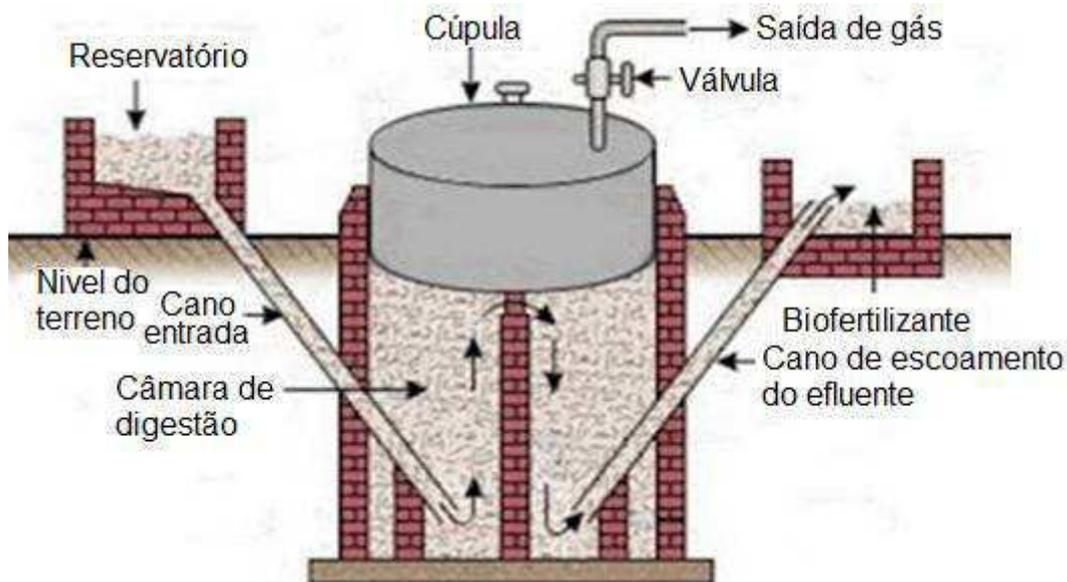
Segundo Kunz (2009), o biodigestor é uma instalação relativamente simples e de baixo custo; basicamente existem vários tipos e modelos de biodigestores divididos, em três grupos: biodigestores de fluxo contínuo, biodigestores de fluxo semicontínuo e de fluxo descontínuo (de batelada). Nos biodigestores de fluxo contínuo o biodigestor é abastecido constantemente enquanto no biodigestor de fluxo semicontínuo o abastecimento ocorre de tempo

em tempo, dependendo da demanda de material, normalmente de três em três dias enquanto o biodigestor de batelada é abastecido de uma única vez e o dejetos fica dentro do biodigestor durante longo tempo até que todo o processo de produção de gás esteja concluído.

Os biodigestores são compostos basicamente por três partes: Uma caixa de entrada, na qual ocorrem o carregamento da matéria orgânica e a mistura da água até que a mistura atinja uma umidade de 90 a 95% de água; ali já ocorre uma fermentação aeróbica ácida cujos açúcares simples são fermentados e se transformam em acetato; uma caixa ou tanque bem fechado, que é propriamente o biodigestor, para onde a mistura da caixa de entrada é bombeada e ali ocorre, concomitantemente, o processo de fermentação anaeróbica. As bactérias que utilizam oxigênio e formam acetato consomem todo o oxigênio de tal forma que elas não sobrevivam, sobrando apenas bactérias anaeróbicas. Essas bactérias utilizam o acetato em seu metabolismo e o transformam em ácido acético e gás metano, ou seja, o biogás; Após a digestão anaeróbica o líquido é o efluente que vai para a caixa de descarga e, desta, para a lagoa de estabilização. A cada recarga do biodigestor ocorre uma descarga e o volume de efluente que sai do biodigestor é sempre igual ao volume de entrada do biodigestor; a lagoa de estabilização é aberta na qual a biomassa deve permanecer em condições aeróbicas pelo período mínimo de um mês, para ocorrer não apenas o processo final do biofertilizante mas também uma redução muito grande do nível de DBO.

A Figura 1.1 mostra o esquema de um biodigestor e o fluxo do esterco no interior do biodigestor.

Figura 1.1: Representação esquemática de um biodigestor anaeróbio



Fonte: <http://biodigestao-engenharia-ambiental.blogspot.com.br>

Acesso em 30/03/2012

#### 1.4.3.1. Vantagens dos biodigestores

Uma das formas de contaminação de meio ambiente com dejetos dos animais confinados, é o grande potencial de produção de gases provenientes de reações anaeróbias nesses dejetos e que são liberados ao meio ambiente, contaminando o ar atmosférico. Para evitar tal impacto ambiental nas propriedades produtoras de animais confinados é preciso o tratamento dos dejetos; os sistemas anaeróbios (biodigestores) têm, como finalidade, fazer reações químicas provocadas pela ação de bactérias transformando os dejetos que, lançados no solo, possam reduzir problemas ao meio ambiente.

Campos et al. (2006) construíram um protótipo de biodigestor com capacidade de 11,6 litros e constataram, em seus experimentos, que o sistema anaeróbio UASB proporcionou eficiência de remoção média de 93% de Demanda Química de Oxigênio (DQO), 84% de DBO<sub>5</sub> e 85% de Sólidos Totais Voláteis; já Schoenhals et al. (2007) acompanharam reatores em escala real e obtiveram taxas muito diferentes; de acordo com os autores, a máxima eficiência de remoção atingida nos reatores em escala real para os parâmetros DBO e DQO, foi de 34,7 e 40,0%, respectivamente.

Além da redução de DQO, DBO e de sólidos voláteis, o sistema anaeróbio proporciona grande produção de biogás, um composto de vários gases. Segundo Silva (1998), a composição em volume varia de 60 a 70% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 30 a 40% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 0 a 3% nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), 0 a 1% de Hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), 0 a 1% de Oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e 0 a 1% de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Este biogás pode ser utilizado para várias finalidades como em motores de combustão interna, iluminação, aquecimento etc; desta forma e além de não contaminar o ar, ainda pode gerar renda ou economia para o produtor. Konzen (1983) verificou que os dejetos de suínos têm potencial energético de 0,5 metros cúbicos de biogás por metro cúbico de dejetos, enquanto Oliveira (1993) sinaliza estimativas comparativas do potencial energético em comparação com os combustíveis mais utilizados atualmente afirmando que o potencial energético de um metro cúbico de biogás equivale a 0,66 litros de diesel ou a 0,7 litros de gasolina.

Após a digestão no interior do digestor os resíduos sobrenadantes apresentam alta qualidade (em média apresentam 1,5 a 2,0% de nitrogênio, 1,0 a 1,5% de fósforo e 0,5 a 1,0% de potássio) para uso como fertilizante agrícola. Trata-se de um adubo orgânico, isento de agentes causadores de doenças e pragas às plantas e contribui, de forma extraordinária, no reestabelecimento do teor de húmus do solo, funcionando como melhorador de suas propriedades químicas e físicas e melhora a atividade microbiana do solo (COMASTRI, 1981).

#### **1.4.3.2. Desvantagens dos biodigestores**

Apesar das muitas vantagens o biogás oferece algumas desvantagens. Campos (1999), alerta para a presença gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) na composição do biogás que, embora em pequena proporção, provoca corrosão; este gás diminui a vida útil das instalações e equipamentos e aumenta seu custo de manutenção. Pode-se citar, ainda, como desvantagem a presença de amônia na composição do biogás o fato de que sua queima libera um cheiro desagradável.

### 1.4.3.3. Processo anaeróbio

O processo anaeróbio ainda não está totalmente desvendado. Para Harper & Pohland, (1986) é difícil descrever todas as etapas. Zaiat (2003), porém, cita algumas etapas do processo anaeróbio de conversão da matéria orgânica, a saber:

Hidrólise de polímeros orgânicos complexos a monômeros como açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos. Nessa fase, por exemplo, a celulose e o amido são transformados em carboidratos de cadeia mais curta; os lipídeos são transformados em ácidos orgânicos, tanto de cadeia curta, quanto de cadeia longa; as proteínas são convertidas em aminoácidos; Conversão de monômeros orgânicos a hidrogênio, bicarbonato, ácido acético, propiônico, butírico e outros compostos orgânicos, tais como etanol e ácido láctico; Oxidação de compostos orgânicos reduzidos a hidrogênio, bicarbonato, ácido acético, pelas bactérias acetogênicas produtoras obrigatórias de hidrogênio; Respiração homoacetogênica do bicarbonato pelas bactérias homoacetogênicas, formando acetato; Oxidação de compostos orgânicos reduzidos (tais como os ácidos propiônicos, butírico e láctico) pelas bactérias redutoras de nitrato ou desnitrificantes e pelas bactérias redutoras de sulfato; Oxidação do acetato a bicarbonato pelas bactérias redutoras de nitrato e pelas bactérias redutoras de sulfato; Fermentação acetoclástica pelas arqueas metanogênicas, levando à formação de metano; Oxidação do hidrogênio, através da redução do bicarbonato, pelas arqueas metanogênicas hidrogenotróficas (ZAIAT, 2003).

A aplicação dos dejetos de animais diretamente no solo sem nenhum tratamento e controle, além da possibilidade de poluição das águas subterrâneas com nitrato, outros riscos potenciais para o ambiente são a salinização do solo, poluição do solo e das plantas com metais pesados e a contaminação de homens e animais por agentes patogênicos provenientes dos dejetos (MATOS, 1997).

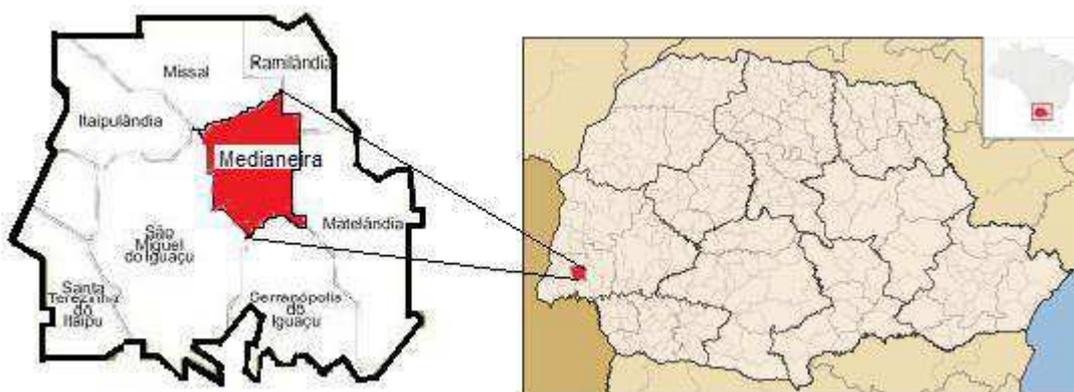
## 1.5. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESTUDO

### 1.5.1. Localização e caracterização do experimento

Para o experimento foi constituída uma estrutura em madeira com as dimensões protegidas, foi instalada numa propriedade rural localizada a 10 quilômetros do centro da cidade de Medianeira-PR.

O município de Medianeira está localizado na região Oeste do Estado do Paraná cujas coordenadas geográficas são latitude  $25^{\circ}17'43''$  e longitude  $54^{\circ}05'38''$ , altitude é de 412 metros. Está localizada a 578 km da capital, Curitiba; sua área territorial é de  $295,5 \text{ km}^2$ , fundada no ano de 1960. Medianeira é limreira aos municípios de Ramiândia, Missal, São Miguel do Iguaçu, Serranópolis e Matelândia; sua economia está baseada na agropecuária, indústria e serviços com uma população de 41.830 (quarenta e um mil oitocentos e trinta) habitantes (IBGE 2010), ilustrado na Figura 1.2.

Figura 1.2: Mapa do Paraná, microrregião do Oeste do Paraná e município de Medianeira-PR



### 1.5.2. Clima

O clima da cidade de Medianeira é subtropical úmido com verões quentes e média anual de  $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; o mês mais quente do ano é fevereiro ficando na média dos  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e o mês mais frio do ano é Julho ficando na média de  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; o índice pluviométrico do município é de  $1880 \text{ mm ano}^{-1}$ , sendo que o mês mais chuvoso

do ano é Outubro com uma precipitação média de 231 mm e o mês menos chuvoso do ano é julho, com precipitação média de apenas 91 mm.

Quadro 1.3. Quadro Meteorológico da Estação meteorológica Davis Vantage Pro2- Cascavel - Paraná

Dados climatológicos de Medianeira			
Ano	Mês	Precipitação	Anomalia da Temperatura
2011	Outubro	271,4mm	0,3°C acima da média
	Novembro	138,6mm	0,5°C abaixo da média
	Dezembro	038,4mm	0,5°C acima da média
2012	Janeiro	212,0mm	0,5°C acima da média
	Fevereiro	139,2mm	2,0°C acima da média
	Março	051,4mm	0,5°C acima da média

### 1.5.3. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em uma estrutura de madeira medindo 23 m de comprimento por 3,6 m de largura e 3,3 m de altura, sendo coberta com sombrite 50% de atenuação da radiação solar e protegida lateralmente com tela e sombrite para salvaguardar as plantas de animais; a Figura 1.3 é uma fotografia da instalação construída para abrigar e proteger as plantas.

Figura 1.3. Imagem da instalação construída para o experimento

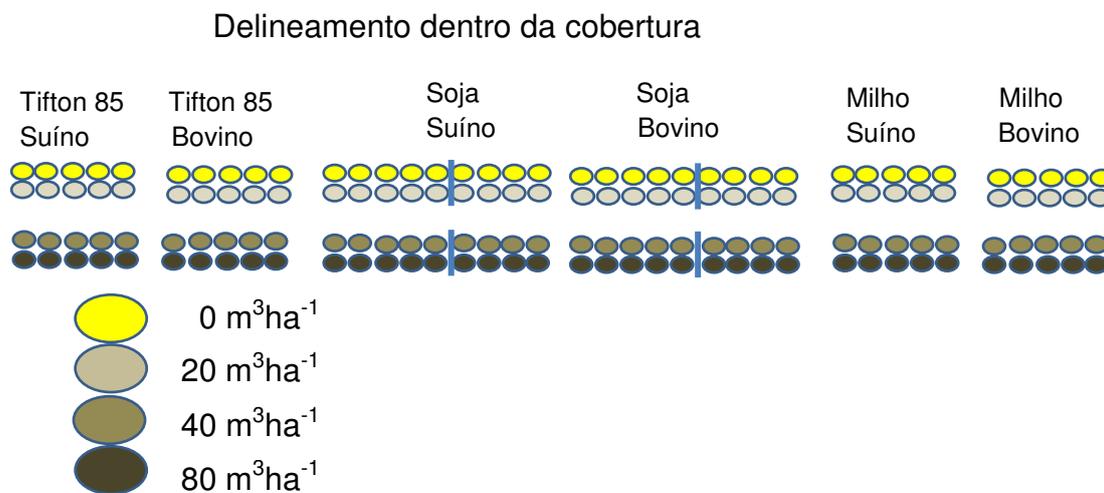


Foram realizados três experimentos, em delineamento em blocos casualizados, com 5 repetições cada um; nos experimentos foram estudadas as culturas Tifton, soja e milho sob a influência de dois tipos de efluentes de biodigestor (de suinocultura e de bovinocultura leiteira) e quatro dosagens de efluente (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), em esquema fatorial (2x4)x5 totalizando 40 unidades experimentais para as culturas de milho e tifton e esquema fatorial (2x4)x5 mais 32, totalizando 72 vasos para a cultura da soja.

Os experimentos foram realizados em vasos semicilíndricos com capacidade de 50 e 60 litros com dimensões aproximadas de 36 cm de diâmetro por 50 cm de altura e 38 cm de diâmetro por 53 cm de altura, respectivamente; para as culturas de soja e tifton 85 foram utilizados vasos com capacidade de 50 litros e para a cultura do milho a capacidade dos vasos foi de 60 litros.

A disposição dos vasos dentro da estrutura está representada na Figura 1.4.

Figura 1.4: Esquema de delineamento dos vasos para os experimentos



#### 1.5.4. Material de solo

O material de solo utilizado no experimento, daqui por diante denominado solo, foi coletado de uma área desnuda agricultável que se encontrava em pousio há mais de dez anos. Foram utilizados 8,1 m<sup>3</sup> de solo coletados na propriedade rural onde o experimento foi instalado. O material de solo colocado em cada vaso, classificado edafologicamente, como Latossolo Vermelho Distroférico Típico (EMBRAPA, 2006), foi inicialmente coletado na camada de 0 a 50 cm de profundidade; em seguida foi misturado, secado ao ar, destorroado e passado na peneira de 8,00 mm e caracterizado quanto aos aspectos físico-químicos, no Laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus de Pato Branco, para ser realizada a análise química e física conforme recomendação da (EMBRAPA, 2008).

##### 1.5.4.1. Análises físico-químicas do solo

Os atributos foram: Matéria orgânica, Nitrogênio(N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) e os micronutrientes: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Alumínio (Al) utilizando-se metodologia descrita pela EMBRAPA (2008).

A metodologia utilizada pelo laboratório para análise de M.O. é por digestão úmida; P, K, Cu, Fe, Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich-1; pH em CaCl 1:2,5; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1mol L<sup>-1</sup>.

As análises químicas do solo foram feitas antes da aplicação de efluentes e ao final do experimento; a caracterização inicial do solo é apresentada nas Tabelas 1.1 e 1.2.

Tabela 1.1. Análise granulométrica do solo da área experimental utilizado para o plantio e semeadura dos cultivares

Distribuição granulométrica			Classificação, normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008, do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).
Argila (g/kg)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	
761	39	200	Tipo: 3

Tabela 1.2. Caracterização química do solo da área experimental antes do plantio das culturas

Atributos	Unidade de medida	Quantidade
NH <sub>4</sub>	Mg kg <sup>-1</sup> de solo	4,50
NO <sub>3</sub>		9,58
P	Mg dm <sup>-3</sup>	2,65
K		0,81
Ca	Cmol dm <sup>-3</sup>	6,75
Mg		2,79
Cu		28,01
Fe		116,62
Zn	Mg dm <sup>-3</sup>	2,53
Mn		188,78
pH		5,10
MO	G dm <sup>-3</sup>	21,03
SMP	Índ.	6,40
Al <sup>3+</sup>		0,00
H+Al	Cmol dm <sup>-3</sup>	3,67

Laboratório da UTFPR- Campus de Pato Branco

### 1.5.5. Efluentes aplicados

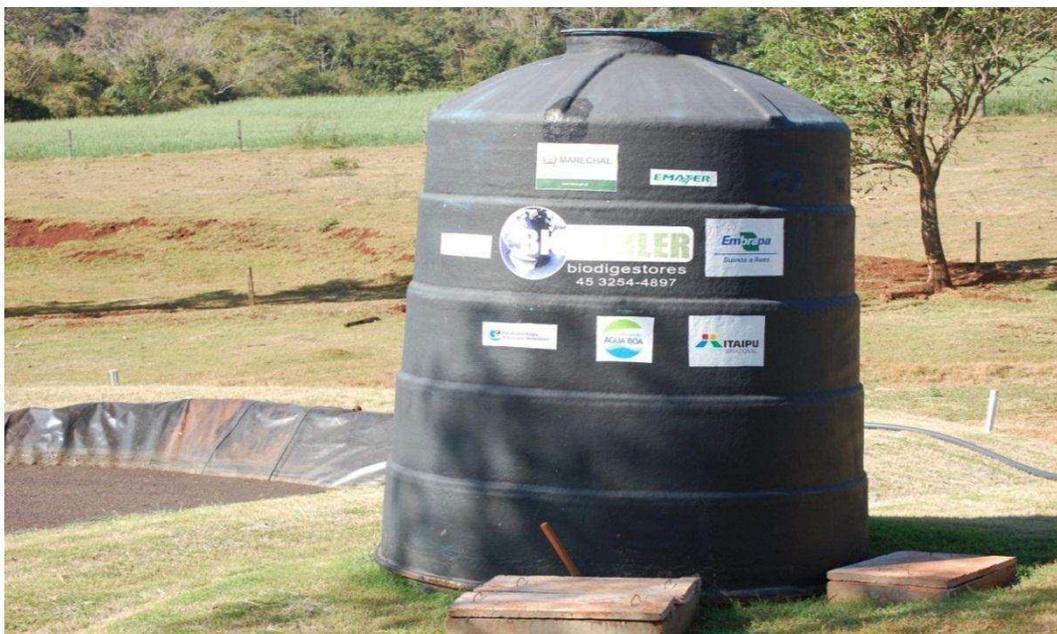
A aplicação dos efluentes se deu uma única vez em cada vaso, sem incorporação com a terra, uma semana antes do plantio das culturas.

O efluente utilizado no experimento foi retirado na saída dos biodigestores que estão instalados nas propriedades da localidade Linha Ajuricaba, interior do município de Marechal Cândido Rondon localizado geograficamente entre as coordenadas 24° 26' e 24° 46' de latitude sul e 53° 57' e 54° 22' de longitude oeste; referidas propriedades fazem parte de um condomínio pertencente a 34 produtores rurais, todos moradores da mesma localidade. Em cada uma há instalado, um biodigestor, que produz biogás para geração de energia; todos esses biodigestores estão interligados com tubulação, totalizando 28 quilômetros de extensão ligada a uma central de gás onde há um grande motor movido a gás que, por sua vez, move um gerador de energia com a finalidade de produzir energia elétrica, a qual é vendida para a hidrelétrica Itaipu; trata-se de um projeto entre governos federal e municipal, hidrelétrica Itaipu e agricultores.

O abastecimento dos biodigestores dos quais foram coletados os efluentes, é do tipo semicontínuos; o biodigestor de onde foi coletado o efluente da bovinocultura leiteira, é do tipo sistema vertical, cuja fotografia está na Figura 1.5 e o biodigestor de onde foi coletado o efluente da suinocultura é do tipo sistema horizontal com cobertura de lona semelhante ao representado na Figura 1.6. A capacidade volumétrica de efluente dos biodigestores verticais é bem menor que a dos horizontais; os biodigestores verticais utilizados nas propriedades do condomínio têm capacidade volumétrica de 20 m<sup>3</sup> enquanto o biodigestor horizontal do qual foi retirado o efluente da suinocultura, tem capacidade de 600 m<sup>3</sup>.

A Figura 1.5 retrata um biodigestor de fluxo semicontínuo, vertical, muito utilizado na bovinocultura leiteira cuja a capacidade volumétrica de dejetos não é muito grande uma vez que as vacas permanecem a maior parte do tempo no potreiro ou pastagem; deste biodigestor procedeu a coleta de efluente da bovinocultura leiteira.

Figura 1.5: Biodigestor vertical no interior do município de Marechal Cândido Rondon- Paraná



A Figura 1.6 retrata um biodigestor de fluxo semicontínuo, horizontal, de grande porte, muito utilizado na suinocultura, que gera enorme quantidade de dejetos, principalmente pelo número de animais confinados.

Figura 1.6: Biodigestor de fluxo semicontínuo, horizontal



Fonte: Folha do Lago publicada em [www.folhadolago.com.br](http://www.folhadolago.com.br) dia 12/09/2011.  
Acesso em 16/01/2012

### 1.5.5.1. Caracterização biológica dos efluentes

Foram coletadas amostras para análise biológica no dia 04/10/2011 visando verificar o grau de caracterização e para evitar que as pessoas envolvidas na pesquisa e que manejaram os efluentes se contaminassem; e outra coleta foi feita no dia 18/10/2011 para análise físico-química.

O procedimento das coletas e o transporte foram efetuados de acordo com orientação do laboratório, responsável pelas análises laboratoriais; nessas datas foram coletados cinco litros de cada tipo de efluente armazenados em embalagens plásticas devidamente esterilizadas fornecidas pelo próprio laboratório um dia antes de cada coleta. As embalagens com as amostras foram colocadas numa caixa térmica, untadas em gelo e transportadas imediatamente para o laboratório.

As amostras coletadas nos biodigestores utilizados para o experimento foram analisadas no laboratório da A3Q ANÁLISES DE QUALIDADE usando-se as seguintes metodologias:

Para a contagem de coliformes totais a 36 °C e para a contagem de coliformes termotolerantes a 45 °C e para a pesquisa de salmonela foi utilizada a seguinte metodologia: Água: Standard Methods for the Examination Of Water And Wastewater, cap. 9222, 2005.

Para a contagem de ovos de Helmitos foi utilizada a metodologia AWWA-APHA-WPCI – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; USEPA TEST METHODS Physical/Chemical Methods.

Os resultados das análises biológicas dos efluentes da suinocultura e da bovinocultura leiteira estão no Quadro 1.3.

Quadro 1.4. Composição biológica dos efluentes utilizados no experimento

Elemento	Unidade de medida	Efluente de biodigestor	
		Suinocultura	Bovinocultura Leiteira
Ovos de helmintos	Ov/10ml	<b>11</b>	<b>04</b>
Contagem de coliformes totais a 36 °C	UFC/100ml	<b>52000</b>	<b>1120000</b>
Contagem de coliformes termotolerantes a 45 °C	UFC/100ml	<b>52000</b>	<b>1120000</b>
Salmonella	25 ml	<b>Ausência</b>	<b>Ausência</b>

### 1.5.5.2. Características físico-químicas dos efluentes

O efluente foi coletado na saída dos biodigestores e armazenado em galões limpos com capacidade de 50 litros, conduzido das propriedades agrícolas até o local do experimento; a coleta, o transporte e a aplicação do efluente foram feitos no mesmo dia. O dosador do dejetos utilizado foi um copo plástico rígido que contém marcador milimétrico e a dosagem de efluente foi feita separadamente para cada vaso; a aplicação do efluente no solo foi feito com um minirregador; os tratamentos para os três cultivares foram os mesmos.

Foram analisados e quantificados os seguintes componentes: Nitrogênio (amoniaco, nitrito e nitrato), fósforo, DQO, DBO, zinco, sódio, condutividade elétrica e pH.

As análises químicas e físicas das amostras coletadas nos biodigestores utilizados para o experimento foram realizadas no laboratório da A3Q ANÁLISES DE QUALIDADE.

A metodologia utilizada para as análises laboratoriais de Cálcio, Condutividade, DBO, DQO, Fósforo total, pH e Sódio foi: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 21<sup>a</sup> ed. APHA, AWWA, WEF, 2005; para Nitrato foi com base na Norma Brasileira nº 12620 de 1992. ABNT; para Nitrito foi baseada na Norma Brasileira nº 12619 de 1992. ABNT; para Nitrogênio amoniaco foi utilizada a Norma Brasileira nº 13796 de 1997. ABNT; para o Zinco utilizou a Espectrofotometria de Absorção Atômica - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

A caracterização físico-química dos efluentes da suinocultura e da bovinocultura leiteira está no Quadro 1.4.

Quadro 1.5. Caracterização físico-química dos efluentes dos biodigestores

Elemento	Unidade de medida	Efluente de Biodigestor	
		Suinocultura	Bovinocultura
Nitrogênio Amoniacal	mg L <sup>-1</sup> de N-NH <sub>4</sub>	3136,0	1120,0
Nitrato	mg L <sup>-1</sup> de N-NO <sub>3</sub>	20,0	10,0
Nitrito	mg/ mg L <sup>-1</sup> L de N-NO <sub>2</sub>	<0,01	<0,01
Fósforo total	mg L <sup>-1</sup> de PO <sub>4</sub> -P	205,0	112,0
DQO	mg L <sup>-1</sup>	131000,0	99000,0
DBO (5/20 <sup>0</sup> C)	mg L <sup>-1</sup>	43773,0	27100,0
pH		7,63	7,22
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	400,8	240,4
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	580,0	260,0
Zinco	mg L <sup>-1</sup>	59,0	58,8

### 1.5.6. Culturas estudadas

As culturas de milho, soja e capim tifton foram utilizados como indicadores da qualidade nutricional dos efluentes de biodigestores em atividades agropecuárias.

As sementes de milho e soja foram adquiridas junto a uma cooperativa que comercializa sementes e dá assistência técnica aos produtores rurais; são sementes selecionadas e sua germinação foi de 96%.

A variedade de milho utilizada no experimento foi a Agromen 20A55 e, a variedade da soja foi a Syngenta SYN9074RR; o ciclo da soja é de 110 dias e o do milho é de 130 dias, aproximadamente.

As mudas de capim tifton 85 foram adquiridas na área experimental da Universidade do Oeste de Paraná (UNIOESTE), campus de Marechal Cândido Rondon).

## 1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS - Associação Brasileira Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, (2006). **Relatório ABIPECS 2006** In.: <http://www.abipecs.com.br/>. Acesso em 26/03/2012.

ABIPECS - Associação Brasileira Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório ABIPECS 2013** In.: <http://www.abipecs.com.br/>.

BARBOSA, A.F.; BOTARI, A.; TREIRE, F.B. **Análise do tratamento de água residuária sintética em reator UASB seguido de filtro preenchido com solo natural**. Revista Tecnológica, v. 18, p. 53-67, 2009.

BARROS, L.S. S.; AMARAL, L.A.; LUCAS J.,J. **Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um tratamento integrado**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science; v. 40, p. 126-135, 2003.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de Janeiro de 1986: diretrizes gerais para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental**. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res\\_86/res\\_0186.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res_86/res_0186.html)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução SEMA n, 31, p.96-104, 1998.

CAMPOS, C. M. M.; CARMO, F.R.; BOTELHO, C.G.; COSTA, C.C. **Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial**. Ciências agrotécnicas, Lavras, v. 30, p. 140-147, 2006.

CERETTA C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, A.R.; VIEIRA, F.C.B. **Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 38, p. 729-735, 2003.

COMASTRI F.J. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense.** (EMBRAPA. UEPAE de Corumbá. Circular Técnica 1981).

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução no 375** , de 29 de agosto de 2006.

DARTORA, V.; PERDOMO, C.C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos suínos.** Porto Alegre, RS: Embrapa, 1998. 32 p. (EMBRAPA - Suínos e Aves. ANO 7: BIPERS nº 11).

DE PAULA, G.; PEROSA, J. M. Y.; BUENO, C. O.; LEISMANN, E.L. **Congresso Internacional de administração. Sazonalidade de preços do suíno vivo no Estado do Paraná no período de 2000 a 2010.** Disponível em <http://www.admpg.com.br>.

DIESEL, R; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos.** Concórdia, SC: EMBRAPA, 2002. 31p. (EMBRAPA - Suínos e Aves. ANO 10: BIPERS nº 14).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de Análise do solo.** In.: [hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/.../2008/.../analises\\_quimicas\\_fertilidade do solo](http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/.../2008/.../analises_quimicas_fertilidade_do_solo).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed, p.306, CNPS, 2006.

HARPER, S.R.; POHLAND, F.G. Recent developments in hydrogen management during anaerobic biological wastewater treatment. *Biotechnology and bioengineering*, v. 28, p.585 – 602, 1986.

IBGE, Censo 2010. Disponível em [www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php).

KONZEN E.A. **Fertilização de Lavoura e Pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, (Circular técnica 31), 2003.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, (Circular técnica, 6), p.32, 1983.

KUNZ & PALHARES. **A Importância do Correto Procedimento de Amostragem para Avaliação das Características dos Dejetos de Suínos**. Embrapa Suínos e Aves, ISSN 0100-8862 Julho/2004.

KUNZ A. **Transformações da Produção Animal no Brasil e suas Consequências Ambientais**; I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais, 2009.

MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N.;FREITAS, S.de P.; VIDIGAL, S.M.; GARCIA, N.C.P. **Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos**. Revista Ceres, v. 44, n.245, p 399-410. 1997.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. **Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola**. Bahia Agrícola, v. 7, n. 3, p. 24-26, 2006.

MIELE, M.; MACHADO, J. S. DOC 104: **Levantamento sistemático da produção e abate de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, p.27, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. **Brasil projeções do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021**. Brasília, junho de 2011. Disponível em [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%20\\_0.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%20_0.pdf).

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, p. 188, 1993.

OLIVER, A. P. M. **Manual de tratamento em biodigestão**. Instituto Winrock, p. 23, 2008.

PALHARES & CALIJURI. **Caracterização dos afluentes e efluentes suínicos em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental**. Ciência Rural, v.37, n.2, p.502-509, 2007.

PERDOMO, C.C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Suinocultura e meio ambiente. In: Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. **Anais...** Embrapa Suínos e Aves, v.9, p.17, 2001.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, p. 44, 2007. Disponível em: <[www.sebrae-rs.com.br](http://www.sebrae-rs.com.br)>

SINOTTI, A. P. D. S. **Avaliação Do Volume De Dejetos E Da Carga De Poluentes Produzidos Por Suíno Nas Diferentes Fases Do Ciclo Criatório**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

USDA. **Dietary Approaches to Stop Hypertension -DASH Diet**. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute. NIH Publication, p.67, n. 06-4082, 2006.

ZAIAT, M. **Desenvolvimento e análise de biodigestores anaeróbios contendo células imobilizadas para tratamento de águas residuárias**. In texto apresentado a USP (Universidade de São Paulo) para concurso público a título de livre-docente, 2003.

## **CAPÍTULO 2**

Matéria seca e teor de nutrientes na folha de capim Tifton 85 cultivado em solo  
biofertilizado com efluentes

---

## RESUMO

O capim Tifton é uma espécie forrageira rico em nutrientes para os animais, motivo pelo qual vem sendo utilizado cada vez mais na pastagem do gado, sobretudo de gado leiteiro. A utilização de dejetos é uma prática altamente promissora para fertilização do solo, entretanto, se aplicados sem controle podem provocar danos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a massa de matéria seca e a composição mineral foliar do capim Tifton 85 com aplicação de efluente de suinocultura e de bovinocultura leiteira. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Medianeira – Paraná, utilizando vasos com capacidade de 50 litros, preenchidos com Latossolo Vermelho Distrófico Típico. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, no esquema de fatorial (2x4), dois tipos (efluente de suinocultura e de bovinocultura) e quatro dosagem de efluentes (equivalentes a 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições. Os resultados indicam que o tipo de efluente e as doses de efluente influenciaram na produção de massa matéria seca de Tifton 85, em todas as épocas do ano, com exceção da época do inverno. Aplicando uma dosagem em torno de 111 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente da suinocultura ou 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente da bovinocultura leiteira, a produção de massa matéria seca anual de capim tifton 85 poderá aumentar em cerca de 110%. O efluente da bovinocultura leiteira corresponde a 58% do volume da suinocultura para atingir a produtividade máxima; por ser mais eficiente o efluente da bovinocultura terá uma menor carga poluidora para o solo. A produção de massa do capim, na época das baixas temperaturas, não foi influenciada nem pelo tipo nem dosagem dos efluentes utilizados. A análise estatística indicou que os tipos de efluentes influenciaram no teores de K e Mg da parte aérea das plantas de capim Tifton 85 e que as diferentes dosagens, nos dois tipos de efluentes utilizados, influenciaram significativamente nos teores de N, P, K, Ca e Mg; o potássio aumentou linearmente em função do aumento da dosagem de efluente proporcionando um incremento de 0,048% deste nutriente na parte aérea das plantas, para cada 20 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> de efluente adicionado ao solo. Entre os diferentes tipos de efluente aplicados à cultura, observou-se que o efluente bovino proporcionou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas (2,91%) diferindo significativamente do efluente suíno com 2,73%; a maior concentração de K ocorreu 60 dias após o primeiro corte com teor de 2,79%, para os dois tipos de nutrientes; os teores de Ca foram semelhantes para os dois efluentes ao longo do ano; com exceção aos 60 dias quando, após o primeiro corte, ocorreu uma variação de 43% a mais para o tratamento com efluente bovino; para o acúmulo de Mg na parte aérea das plantas foram verificadas diferenças significativas entre os efluentes aplicados aos 60, 240 e 300 dias do primeiro corte, sendo as melhores respostas obtidas com a aplicação do efluente suíno com 0,11; 0,13 e 0,10%; os maiores acúmulos de P foram registrados aos 240 e 300 dias do primeiro corte de capim, nos dois tipos de efluentes.

Palavras-chave: resíduos, fertilização de solo, Cynodon

## ABSTRACT

The Tifton grass is a forage species rich in nutrients for animals, so it is being used increasingly in grazing cattle, particularly dairy cattle. The use of manure is a practice highly promising for soil fertilization, however, be applied without control can cause damage to the environment. The aim of this study was to evaluate the dry matter and leaf mineral composition of Tifton 85 grass with application of swine and dairy cattle effluents. The experiment was conducted on a farm in the Medianeira city – Paraná State, using pots with a capacity of 50 liters, filled out with soil Typical Oxisol. The statistical design consisted of a randomized block in factorial scheme (2x4), two types (swine and cattle effluents) and four doses of effluent (equivalent to 0, 20, 40 and 80 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>), with five replicates. The results indicate that the type of effluent and effluent doses influenced the production of dry mass of Tifton 85 grass in all times of the year except the winter season. Applying a dose around 111 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> from swine effluent or 65 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> dairy cattle effluent, the mass production annual of dry matter of Tifton 85 grass will increase by about 110%. Effluent from dairy cattle corresponds to 58% of pig volume to achieve maximum productivity, it is more efficient effluent from cattle will have a lower pollutant load to ground. The mass production of grass at the time of low temperatures, there was not influenced by the type or dose of effluent used. Statistical analysis indicated that the types of effluents influenced the K and Mg contents in the shoots of Tifton 85 grass and that different doses, in both types of effluents used, significantly influenced the levels of N, P, K, Ca and Mg; potassium increased linearly with increasing effluent dose providing an increment of 0.048% of this nutrient in the shoots, for every 20 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> effluent to the soil. Among the different types of effluent applied to culture, it was observed that the cattle effluent showed higher accumulation in the shoots (2.91%) differed significantly from swine wastewater with 2.73%; the highest K concentration occurred 60 days after the first cut with a content of 2.79% for the two types of nutrients; Ca levels were similar for the two effluent throughout the year, except at 60 days when, after the first cut, there was a variation of 43% more for treatment with cattle effluent; for the accumulation of Mg in shoots plants were significant differences between the effluent applied at 60, 240 and 300 days of the first cut, and the best responses to the application of swine wastewater with 0.11, 0.13 and 0.10%; the highest P accumulation were recorded at 240 and 300 days of the first cut of grass, in both types of effluents.

**Keywords:** waste, soil fertilization, Cynodon

## 2.1. INTRODUÇÃO

A região oeste do Estado do Paraná tem sua economia baseada na pecuária, agricultura e comércio. A criação de animais em confinamento é uma prática em grande ascensão, principalmente na criação de suínos, vacas leiteiras e aves. Além da geração de renda, os animais produzem grandes quantidades de dejetos e que podem se tornar um problema para o produtor uma vez que os dejetos não podem ser lançados no ambiente sem tratamento e de forma equilibrada. A forma de descarte é a utilização dos dejetos para biofertilização do solo.

Os produtores de leite usam grandes pastagens, plantando diversas forrageiras. Uma das forrageiras é o capim tifton 85 que aos poucos está substituindo as demais. O capim tifton 85 necessita de muitos nutrientes por ser uma cultura que cresce muito rápido e tem alto poder nutricional.

O tifton é uma planta híbrida, do gênero *Cynodon*, dividido em dois grupos: Bermuda e Estrela. O Bermuda foi modificado geneticamente várias vezes originando novas variedades que receberam o nome de Tifton; cada nova variedade era identificada por uma numeração colocada após o nome (exemplo Tifton 85). Segundo Ribeiro et al. (2001), esta planta é originária da estação experimental de Tifton, Estado da Geórgia, Estados Unidos pela equipe do Prof. Dr. Burton. Atualmente existem vários híbridos originários da grama Bermuda; no Brasil alguns híbridos se adaptaram melhor ao nosso clima e solo e assim se encontram as seguintes gramas híbridas: Coastal, Alícia, Callie, Tifton 44, Tifton 68, Tifton 78 e a Tifton 85. Este capim (grama) não produz sementes e por isso seu cultivo é realizado através de mudas.

O lançamento do capim tifton 85 foi em 31 de outubro de 1992 e até o momento é considerado o melhor híbrido do gênero *Cynodon* para a formação de pastagens. Segundo Mickenhagem (1996), suas principais características são: possui rizomas largos, é produtivo, digestível e succulento; exige solos de boa fertilidade, pouco susceptível a cigarrinhas e geadas; dentre os Tiftons, promove o mais alto ganho de peso vivo/hectare/ano; é um híbrido verdadeiro; proporciona excelente fechamento do solo e controle de erosão; capim aprovado para manejo

baixo de Pastagens, Corte Verde (como capineira), Silagem e Fenação; muito palatável para equinos, bovinos, ovinos e caprinos.

Ainda de acordo com Mickenhagem (1996), o Tifton 85 é utilizado tanto para o pastejo de gado de corte como para pastejo de gado leiteiro, além de ser indicado para a produção de feno. O feno é o capim desidratado com teor de umidade entre 10 e 20% enquanto o capim verde possui de 65 a 80% de umidade. O corte desse capim para o feno deve ser efetuado quando a planta alcançar seu ponto de equilíbrio entre o teor de nutrientes e a produção de matéria seca por unidade de área. Este ponto de equilíbrio se dá entre 7 e 8 semanas ou 5 e 6 semanas na primavera e verão, respectivamente, demorando mais nas demais estações do ano. Hill et al. (1993) verificaram a produção de 1160 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de capim peso vivo e ganho diário de 0,67kg, em novilhos pastejando o capim tifton 85.

Como o crescimento e o desenvolvimento das plantas do gênero *Cynodon* são diferenciados em relação às outras gramíneas, as exigências nutritivas também o são. Sarmiento et al. (2006) afirmam que as deficiências ou excesso de nutrientes no solo podem causar anormalidades visíveis na planta. Os sintomas de deficiência surgem primeiro nas folhas velhas, no caso dos nutrientes móveis na planta (N, P, K e Mg); o Ca e o Mn são imóveis e por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas novas e nos meristemas apicais (SARMENTO et al., 2006).

Outros elementos (Fe, Zn, Cu, Mo e S) são considerados de baixa redistribuição nos tecidos vegetais e a manifestação dos sintomas de deficiência pode ocorrer tanto nas folhas novas quanto nas velhas. Entre os macronutrientes o nitrogênio e o potássio são demandados pelas plantas em quantidades maiores que o enxofre e o fósforo (FONTES, 2001).

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a produção da matéria massa seca e a composição mineral foliar do capim tifton 85 cultivado em solo fertilizado com diferentes efluentes de biodigestor buscando indicadores que possam contribuir para um manejo adequado dos dejetos possibilitando o uso como fonte de nutrientes às plantas na região oeste do estado do Paraná.

## **2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS**

### **2.2.1. Plantio do capim tifton 85**

O plantio do capim da espécie do gênero *Cynodon*, capim Tifton 85 foi realizado em dia 19 de novembro de 2011, o qual foi realizado por meio de mudas plantadas em vasos posicionados, enfileirados e justapostos.

Para o plantio foram abertas duas covas pequenas por vaso preparado com solo e efluente, fazendo recuo de solo numa profundidade aproximada de 6 cm onde a muda (baraço) de capim foi depositada e em seguida o solo foi repostado na sua posição inicial evitando ao máximo a mistura do solo. Foram plantadas duas mudas do capim por unidade experimental.

### **2.2.2. Avaliação de nutrientes no tecido foliar**

A análise de nutrientes foi realizada nos caules e nas folhas das plantas. A coleta de caule e folha do capim tifton 85 foi feita seis vezes com intervalos de 60 dias a contar de um corte das plantas no dia 15 de janeiro de 2012, para nivelamento; de cada coleta uma amostra foi enviada para análise mineral do tecido foliar.

As folhas foram secadas ao ar, numa sala específica e depois enviadas ao laboratório da UTFPR, de Pato Branco. No laboratório as folhas foram moídas, homogêneas e submetidas à análise química para determinação das concentrações dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Carbono (C) e dos micronutrientes: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu) e Zinco (Zn), determinada conforme metodologia sugerida por Tedesco et al. (1995).

### **2.2.3. Análise de rendimento da cultura**

Determinou-se o rendimento de matéria massa seca (MS) produzida em seis cortes realizados a cada dois meses no período de um ano; a primeira coleta de dados foi feita 60 dias após o corte de uniformização das plantas, do corte zero 55 dias após o plantio. A contar desse dia, seis cortes foram efetuados em intervalos de 60 dias, no total de seis; o capim sempre foi cortado a 5 cm do solo.

Após cada corte de planta a forragem era colocada em sacos de papel, identificada e acomodada em uma sala arejada específica para secagem ao natural; depois da secagem (cerca de dois meses) todas as amostras de capim foram acondicionadas separadamente em sacos plásticos transportados para um laboratório da UTFPR de Medianeira onde ocorreu a pesagem da massa secada naturalmente ( $MU_T$ ); depois da pesagem de todas as amostras cada unidade amostral foi separada em duas partes e identificada; uma das partes de cada amostra foi enviada ao laboratório de análises químicas e a outra parte foi pesada novamente para obtenção de massa úmida da porção, ou seja, massa úmida parcial ( $MU_P$ ); em seguida, a ( $MU_P$ ) foi acondicionada em sacos de papel, identificada, e colocada em estufa de circulação forçada de ar a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até peso constante obtendo assim, a massa seca parcial ( $MS_P$ ); com essas massas a fitomassa seca por vaso foi determinada e a balança analítica utilizada para aferição da massa seca tem precisão  $\varepsilon \leq 0,0001\text{ g}$ .

Para o cálculo da massa seca total tem-se que a taxa percentual de matéria seca de uma quantidade limitada é a razão da  $MS_P$  pela  $MU_P$ ; portanto, a percentagem unitária de massa seca de uma porção é

$$x = \frac{MS_P}{MU_P}. \quad (2.1)$$

em que  $x$  representa a porcentagem unitária de matéria seca por amostragem de massa úmida.

Para obter o total de massa seca em cada amostra (vaso) ( $MS_T$ ), multiplica-se a porcentagem unitária ao total de massa úmida da amostra, ou seja,

$$MS_T = MU_T \cdot x \quad (2.2)$$

ou ainda

$$MS_T = MU_T \cdot \frac{MS_P}{MU_P} \quad (2.3)$$

em que

$MS_T$  = Massa seca total por vaso;

$MU_T$  = Massa úmida total por vaso;

$MS_P$  = Massa seca parcial por vaso;

$MU_P$  = Massa úmida parcial por vaso.

#### **2.2.4. Metodologia para tratamento estatístico dos dados obtidos durante o experimento**

Os resultados das amostras analisadas em laboratório e os dados obtidos da produção de massa matéria seca das plantas, foram tabulados ao esquema fatorial  $(2 \times 4 \times 6) \times 5$  (2 efluentes, 4 dosagens de efluentes, 6 períodos de corte com 5 repetições) no programa Excel versão 2003, para posterior importação dos dados visando à análise de variância pelo software SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2010) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5%; para obtenção das curvas de resposta foi utilizado o procedimento da análise de regressão.

### **2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **2.3.1. Massa de matéria seca de capim tifton 85**

A análise estatística dos dados (Tabela 2.1) revela que houve efeito significativo das variáveis Tipo de efluente, Dosagens e Tempo (época do ano de avaliação da massa seca) e das interações entre os Tipos x Dosagens de efluentes, e Dosagens de efluentes x Tempo. Porém, não houve efeito significativo do extrato Dosagem de efluente x Tempo na análise de produção de massa seca.

Tabela 2.1: Resumo da análise de variância para a massa de capim tifton 85

FV	GL	Quadrado Médio-
		Massa seca do tifton 85 (g)
Efluente	1	308,27**
Dosagem de efluente	3	704,00**
Época de corte	5	368,10**
Efluente x Dosagem	3	174,94**
Efluente x Época de corte	5	6,80 <sup>ns</sup>
Dosagem x Época de corte	15	45,40**
EfluentxDosagemxTempo	15	9,58 <sup>ns</sup>
Blocos	4	69,03
Resíduos	188	13,98
CV (%):	33,53	
Média geral:	11,15	
Número de observações:	240	

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

### 2.3.1.1. Massa de matéria seca em função dos tipos de efluente

O teste de médias indica que a produção de massa seca de capim tifton 85 variou em função dos dois tipos de efluente (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Resultado da comparação das médias das massas secas por tipo de efluente

Efluente	Média das massas secas (g planta <sup>-1</sup> )
Efluente suíno	10,02 a
Efluente bovino	12,28 b

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si.

Observa-se que a produção de massa seca de capim ao longo de um ano, tratado com os diferentes efluentes utilizados neste experimento, difere significativamente; o efluente proveniente da bovinocultura leiteira produziu 22,5% mais massa seca de capim tifton 85 em relação à massa produzida nos vasos tratados com efluente oriundo da suinocultura, resultado devido, provavelmente, ao elevado teor de sódio do efluente suíno conforme observado no quadro 1.4.

Jailson, (2006) observou que a presença de sódio e de cloro no substrato tem ocasionado redução no crescimento dos vegetais, em virtude desses íons causarem, entre outros efeitos negativos, mudança na capacidade das plantas em absorver, transportar e utilizar alguns dos nutrientes.

### **2.3.1.2. Massa matéria seca produzida em função da aplicação de diferentes dosagens de efluente**

Para mostrar as respostas dos efluentes na produção de massa seca de capim tifton 85 aplicando-se diferentes dosagens, fez-se o desdobramento dos tipos de efluente para as diferentes; os resultados desta análise estão na Tabela 2.3.

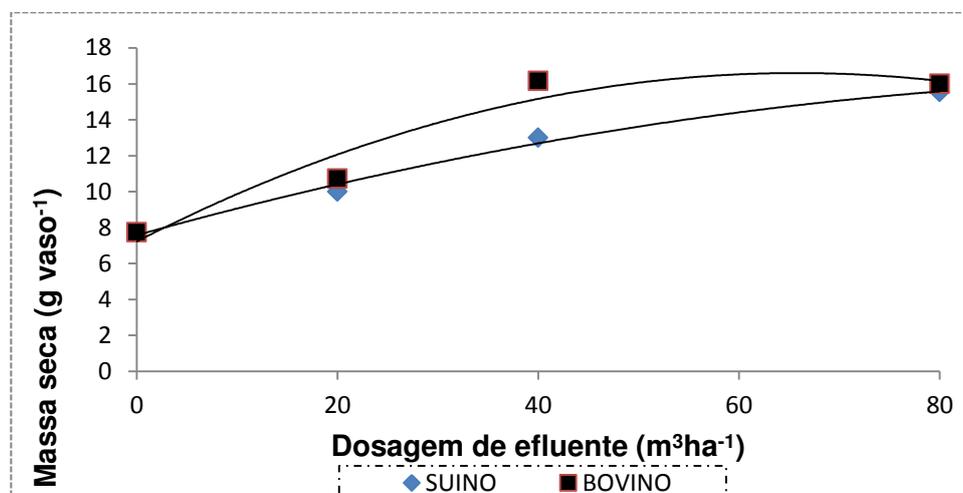
Tabela 2.3. Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens de efluente para cada tipo de efluente

FV	GL	Quadrado Médio-Massa do tifton 85 (g)
Dosagem/Suíno	3	447,94**
Dosagem/Bovino	3	431,00**
Resíduos	188	13,98

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Verifica-se na Tabela 2.3 que as dosagens de efluente são altamente significativas para a variável massa de matéria seca; fazendo uma análise comparativa no efeito produtivo entre os dois efluentes foi gerada, por regressão, uma curva de tendência da evolução da matéria seca para cada efluente, em função das dosagens de aplicação, representadas na Figura 2.1.

Figura 2.1. Análise de regressão para a massa seca de capim, para diferentes dosagens de efluente



O efeito das dosagens sobre a produção de massa seca foi quadrático para os dois efluentes. As equações de regressão são:

$$\text{Para efluente suíno: } MST = -0,0007D^2 + 0,15555D + 7,5788 \quad (2.4)$$

$$\text{Para efluente bovino: } MST = -0,0022D^2 + 0,285D + 7,2333 \quad (2.5)$$

Para calcular a dosagem que melhor responde a produção de massa seca para cada tipo de efluente, tem-se:

Efluente suíno	Efluente bovino
$MST = -0,0007D^2 + 0,15555D + 7,5788$	$MST = -0,0022D^2 + 0,285D + 7,2333$
$MST' = -0,0014D + 0,15555$	$MST' = -0,0044D + 0,285$
Para $MST' = 0$ , temos:	Para $MST' = 0$ , temos:
$-0,0014x + 0,15555 = 0$	$-0,0044D + 0,285 = 0$
$D = \frac{0,15555}{0,0014}$ , ou $D = 111,107143 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	$D = \frac{0,285}{0,0044}$ , ou $D = 64,7727 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

Os cálculos sugerem haver máxima eficiência na produção de massa seca de capim, aplicando-se cerca de  $111 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno ou  $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente bovino.

De acordo com os resultados pode-se determinar a produtividade máxima de matéria seca do capim tifton 85; fertilizando o solo com  $111 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno, a produção anual seria aumentada em 110% e fertilizando o solo com uma dosagem em torno de  $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente da bovinocultura leiteira, a produção

seria aumentada cerca de 113%; com esses resultados verifica-se que a produtividade máxima com os dois efluentes é praticamente a mesma porém, se pode observar que a dosagem de efluente bovino que determinou a produtividade máxima corresponde a 58,29% do volume de efluente suíno; portanto, o efluente bovino foi mais eficiente em relação ao efluente suíno na produção do capim tifton 85.

Basso et al. (2008) também obteve resultados semelhantes no cultivo de tifton 85 em tratamento com diferentes dosagens de chorume de suínos como fertilizante do solo; os autores verificaram que as dosagens exerceram influência na produtividade de massa seca do capim e também constataram que no período da primavera e no verão ocorre um aumento significativo na produtividade da massa seca e em seu experimento aplicaram doses de chorume de suíno a cada corte do capim, nas dosagens zero, 15, 30 e 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em que os intervalos de corte foram de 45 dias.

Segundo Drumond et al. (2006), os primeiros resultados de uma pesquisa sobre produtividade do capim tifton 85 foram desenvolvidos nos anos de 1998 e 1999 pela Universidade Federal de Santa Maria - RS, aplicando-se dejetos suíno como fertilizante do solo, época em que também se verificou, aplicando 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, um acréscimo de 3,07 vezes na produção de matéria seca em relação à testemunha. Em Rio Verde-GO e aplicando 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos suíno em pastagem de braquiarião, esses pesquisadores conseguiram dobrar a capacidade de lotação de gado (KONZEN, 2002).

Resultados semelhantes obtiveram Aita et al. (2006), que realizaram experimento em campo cultivando aveia solteira e consórcio de aveia com ervilhaca em solo Argissolo Vermelho arênico usando, como fertilizante do solo, dejetos de suínos, obtendo os melhores resultados na dosagem de 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e no consórcio de aveia com ervilhaca na dosagem de 72m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Durigon et al. (2002) cultivaram gramíneas forquilha e desmodium em seu experimento e tiveram um acréscimo significativo de 44 e 70% na produção acumulada de matéria seca, respectivamente, aplicando doses de 20 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos.

Azevedo (1991), que aplicou 0; 5; 10; 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de dejetos de suínos em capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), verificou que a produção de MS aumentou de forma quadrática com as doses utilizadas, representando aumento

de cerca de 1,20 vez, em relação à testemunha.

Basso et al. (2008) sugerem, aplicando chorume de suíno como fertilizante do solo em cultivo de capim tifton 85, “a dose de  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  como valor-referência para aplicação depois de cada corte ou pastejo”.

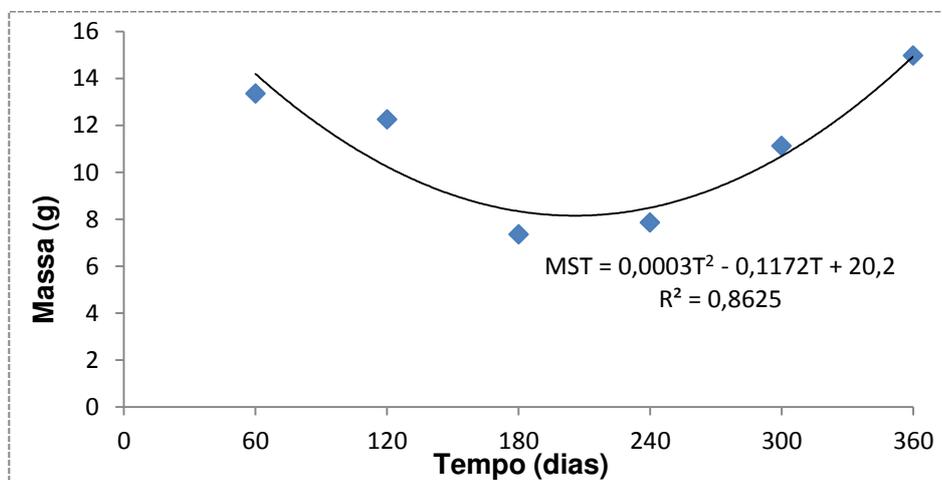
Com base na sugestão de Basso et al. (2008), aplicando  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  nos seis cortes de capim, dever-se-ia ter aplicado, ao todo,  $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno. Esses resultados não diferem muito do presente estudo uma vez que a forma de se aplicar o chorume foi depois de cada corte de capim enquanto neste experimento a aplicação de efluente foi uma única vez, antes do plantio das mudas; outra variante é o diferente tratamento do resíduo utilizado para fertilização do solo (chorume e efluente de biodigestor).

Para Erthal (2008),  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de água residuária da bovinocultura (ARB) resultam num rendimento de capim tifton 85 com aveia (tifton 85+aveia) equivalente ao produzido em solo fertilizado com adubação química ideal, demonstrando que  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  constituem “a maior taxa de aplicação de ARB, do ponto de vista da produção de matéria seca, que substitui a adubação mineral com eficiência”.

### **2.3.1.3. Massa matéria seca produzida em função do tempo**

As médias das massas secas produzidas pelos dois efluentes estudados, em cada corte, dão conta de que a variação das massas produzidas nas diferentes épocas do ano é significativa; o resultado da produção nos seis cortes está na Figura 2.2.

Figura 2.2. Representação das médias das massas de matéria seca do tifton 85 em função do tempo (dias após o corte de uniformização) produzidas em solo fertilizado com resíduos líquidos



Na Figura 2.2 observa-se uma variação na produção de massa, em função do tempo. Os cortes feitos a 60 e 360 dias a contar do corte zero (corte de uniformização do capim) foram as coletas de maior massa seca. Os cortes feitos com 180 dias e 240 dias foram os de menor produtividade de massa seca de capim. Como as coletas de maior produtividade ocorreram nas épocas de verão e a de menor ocorreu na época que abrange o inverno, é plausível imaginar que existe variação na produção de massa da forrageira ao longo de um ano, haja vista que muitos cultivares se desenvolvem de forma diferente nas diversas estações do ano; mencionada constatação foi obtida por Basso et al. (2008) no cultivo de tifton 85 em tratamento com diferentes dosagens de chorume de suínos como fertilizante do solo, no município de São Sepé, Rio Grande do Sul em que, na primavera e no verão, há um aumento significativo na produtividade da massa seca.

Basso et al. (2008), também observou, utilizando chorume de suínos, a variação de produção da massa seca do capim tifton 85 para diferentes períodos de tempo, ao longo do ano, e acreditam que a variação da produção de massa seca possa ser em decorrência da variação da precipitação da chuva em diferentes épocas do ano, uma vez que no seu experimento houve variação da precipitação de chuva o que também atribuem, à variação da temperatura, dizendo, “...a precipitação pluviométrica entre janeiro e abril correspondeu a 28%

*da normal regional e se mostrou desfavorável à espécie e ao aproveitamento do fertilizante. Além disso, as temperaturas reduziram - o que, comumente, ocorre no outono no Sul do Brasil - diminuindo o crescimento da pastagem”.*

#### **2.3.1.4. Análise da massa seca de capim tifton 85 produzida no desdobramento das dosagens de efluente para cada período de tempo**

Com o intuito de analisar as dosagens de efluentes que devem ser aplicadas no início de um período de produção anual, para obtenção das melhores respostas significativas em cada uma das diferentes épocas do ano, foi feita uma análise da produção de massa seca da forrageira tifton 85 em cada época do ano considerando-se os dois tipos de efluentes; na Tabela 2.4 estão os resultados da análise de variância que apontam para uma variação significativa na produção de massa seca da forrageira, em todas as épocas do ano, exceto no corte3, feita há 180 dias, influenciada pelas diferentes dosagens de efluente.

Tabela 2.4. Resumo das análises de variância referente aos dados da massa do tifton 85 (g), matéria seca, no desdobramento das dosagens de efluentes dentro de cada nível de tempo.

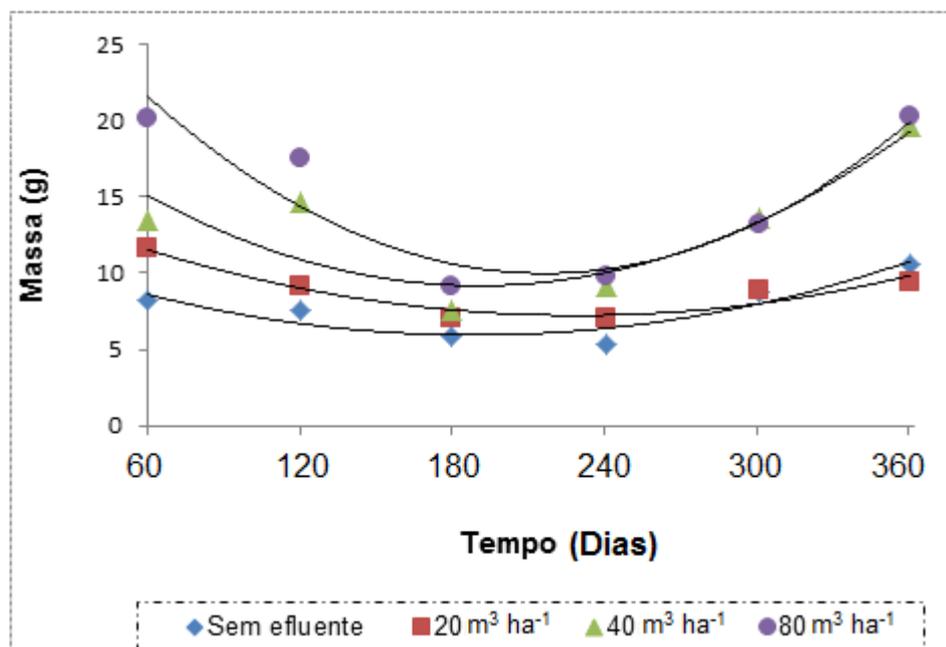
FV / Tempo(bim.)	GL	Quadrado Médio-Massa do tifton 85
Dosagem de efluente/C1	3	255,03**
Dosagem de efluente /C2	3	214,97**
Dosagem de efluente /C3	3	18,70 <sup>ns</sup>
Dosagem de efluente /C4	3	39,77*
Dosagem de efluente /C5	3	69,29 **
Dosagem de efluente /C6	3	333,22**
Resíduos	188	13,98

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Pode-se observar na Tabela 2.4 que a dosagem de efluente influenciou significativamente nas diversas épocas do ano com exceção no terceiro corte, aos 180 dias a contar do corte zero (corte de nivelamento).

A Figura 2.3 ilustra a variação da massa seca do capim tifton 85 no desdobramento da dosagem para cada época do ano observado.

Figura 2.3. Representação das médias das massas matéria seca da forrageira em função do tempo para cada dosagem de efluente



Pode-se observar na Figura 2.3 que a massa produzida em cada corte (época do ano) foi maior à medida que a dosagem foi maior.

Drumond et al. (2006), realizaram seu experimento em Uberlândia – MG, de março a agosto cuja produção aumentou na medida em que a dosagem de dejetos suíno aumentou. Rosa et al. (2002), obtiveram, com a aplicação de dejetos de suíno em braquiário (*Brachiaria brizantha cv. Marandu*), com doses de 100; 150 e 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, o melhor resultado da massa de matéria seca foi com a dosagem de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em Goiânia - GO.

Pode-se observar na Figura 2.3, que para todas as dosagens de efluente as curvas geram a mesma tendência, ou seja, há diminuição de produção de matéria seca no período compreendido entre julho e setembro, sugerindo que na época do inverno a produção de matéria seca é reduzida, independentemente da dosagem de efluente. Basso et al. (2008), também têm verificado uma variação de produção de massa em função do tempo afirmando que nas estações mais quentes a produção de massa seca é maior.

Para equacionar a produção de matéria seca de capim tifton 85 em função das dosagens de efluente para cada corte, fez-se uma análise de regressão, conforme Tabela 2.5.

Tabela 2.5. Equações de regressão que representam a produção de massa de matéria seca do tifton 85 em função do tempo para cada dosagem de efluente

Equações da massa matéria seca do cultivar em função do tempo (T) para cada tratamento		
Dosagens	Equações	R <sup>2</sup>
0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	$MST = 0,5857T^2 - 3,6657T + 11,68$	0,858
20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	$MST = 0,5446T^2 - 4,1496T + 15,13$	0,903
40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	$MST = 1,2554T^2 - 7,9504T + 21,89$	0,769
80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	$MST = 1,7179T^2 - 12,359T + 32,22$	0,887

Em que *MST* massa matéria seca do tifton 85, *T* tempo

Pode-se observar, na Tabela 2.5 e na Figura 2.3 que a produção de massa seca diminuiu na época de maior frio; resultado semelhante foi encontrado por Ost et al. (2010) que afirmam que na época de outono e inverno a produção de folhas é muito reduzida.

### 2.3.2. Acúmulo de macronutrientes na parte aérea

Os resumos da análise de variância dos teores da matéria seca do capim tifton 85 de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea do capim Tifton 85 em resposta aos diferentes tipos e dosagem de efluentes, foram estudados estatisticamente e são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6. Resumo da análise de variância e regressão para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em %, na parte aérea de Tifton 85

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Tipos de Efluente	1	0,088 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,854 <sup>**</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>**</sup>
Dosagem de Efluente	3	0,734 <sup>**</sup>	0,018 <sup>**</sup>	0,549 <sup>**</sup>	0,005 <sup>**</sup>	0,003 <sup>**</sup>
Épocas de Corte	5	11072 <sup>**</sup>	0,605 <sup>**</sup>	73462 <sup>**</sup>	0,013 <sup>**</sup>	0,014 <sup>**</sup>
Tipos de efluente x Dosagem de efluente	3	0,092 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,199 <sup>*</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,002 <sup>**</sup>
Tipos de efluente x Épocas de corte	5	0,161 <sup>**</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,194 <sup>**</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,001 <sup>*</sup>
Dosagem de efluente x Épocas de corte	15	0,348 <sup>**</sup>	0,008 <sup>*</sup>	0,582 <sup>**</sup>	0,003 <sup>**</sup>	0,002 <sup>**</sup>
Blocos	4	0,026 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,068 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	188	0,047	0,004	0,055	0,001	0,001
CV (%)		11,59	15,46	11,69	28,72	16,48

\*\* e \* significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

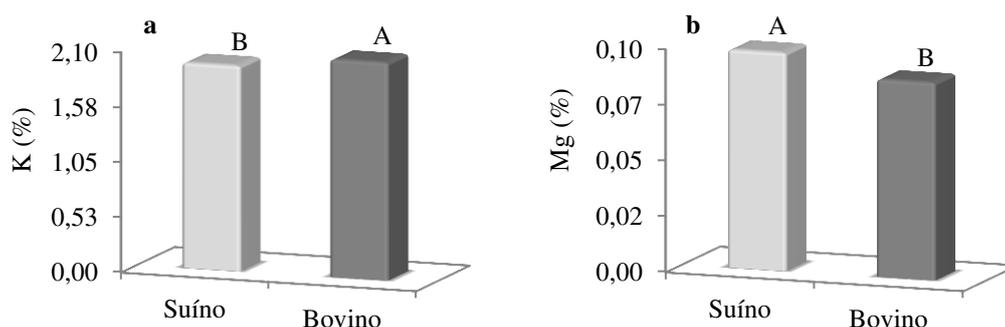
De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2.6), houve efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, dos diferentes tipos de efluentes aplicados apenas sobre os teores de K e Mg; entretanto, as diferentes dosagens aplicadas à cultura conferiram efeito significativo a nível de 1% de probabilidade para todos os nutrientes foliares; o mesmo ocorreu para a fonte de variação época de corte do tifton 85; as interações entre Tipo de efluente x Dosagens foi significativo apenas para K, Ca e Mg enquanto Tipo de efluente x Época de corte só não foi significativo no teor de P. Já a interação Dosagem x Época de corte os teores nutricionais foram significativos para todos os nutrientes analisados (Tabela 2.6)

### 2.3.2.1. Acúmulo de nutrientes em função dos tipos de efluentes

Em meio aos resultados alcançados nota-se que os teores de K e Mg obtidos na parte aérea das plantas de Tifton 85, foram significativamente influenciados pelos tipos de efluentes aplicados (Figura 2.4) evidenciando que o efluente bovino se mostrou estatisticamente superior ao efluente suíno (Figura 2.4a) sendo responsável, portanto, pela maior concentração de K na parte aérea das plantas (2,08%). Quanto aos teores de Mg verifica-se que os melhores

resultados foram obtidos com a aplicação do efluente suíno constatando-se, ao final do experimento, uma concentração média de 0,096% de Mg na parte aérea das plantas de Tifton 85 (Figura 2.4b).

Figura 2.4. Teores de Potássio (a) e Magnésio (b) na parte aérea de Tifton 85 em função dos diferentes tipos de efluentes



Letras iguais, não diferem entre si; letras diferentes, diferem entre si.

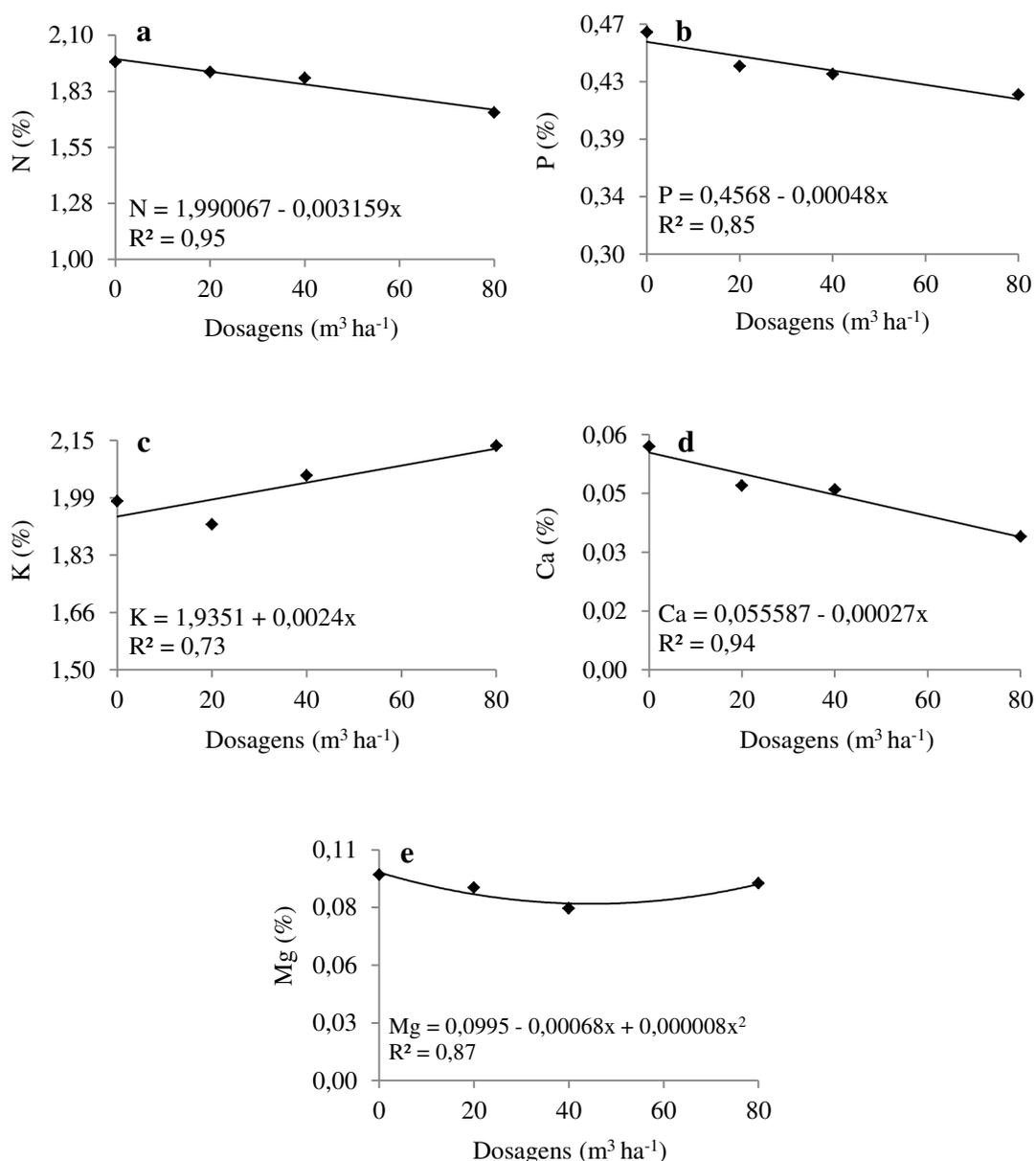
As diferenças significativas observadas entre os efluentes suíno e bovino apenas para os teores de K e Mg na parte aérea, sugerem que as adubações realizadas tenham proporcionado uma manutenção adequada dos níveis de nutrientes no solo refletindo diretamente na sua disponibilidade e na absorção pelo Tifton 85, diminuindo o efeito dos efluentes aplicados uma vez que, para estes, foram estatisticamente semelhantes independente do tipo de efluente aplicado à cultura. De acordo com Rocha et al. (2000), cultivando três gramíneas do tipo cynodon, o teor nutricional desejável no capim tifton 85 para vacas leiteiras (% MS) é: Ca= 0,43-0,58; P= 0,28-0,37; Mg=0,20; K=0,9. Com base na figura 2.4, os teores de K e Mg estão acima dos desejáveis nos dois tipos de efluente.

Neste contexto a disponibilidade adequada de nutriente no solo é essencial para as plantas pois, conforme Reis et al. (2005) uma adubação adequada promove o aumento na produção de massa, tanto da parte aérea como de raiz, no número de perfilho e no teor de proteína bruta da parte aérea; e, com isso, melhor composição bromatológica da planta. Matos et al. (2008) e Oliveira et al. (2000) obtiveram concentrações da ordem de 1,5 e 1,28 dag kg<sup>-1</sup> de K no tecido vegetal de Tifton 85.

### 2.3.2.2. Teor de nutrientes em função das diferentes dosagens de efluentes

Os teores dos macronutrientes: N, P, K e Ca, obtidos na parte aérea de Tifton 85, responderam linearmente ao efeito das dosagens de efluentes aplicados à cultura enquanto os teores de Mg se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 2.5).

Figura 2.5. Teores de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função das dosagens de efluentes



Verifica-se, de início, um decréscimo linear das concentrações de N, P e Ca na parte aérea das plantas com o acréscimo das dosagens de efluentes (Figura 2.5a, 2.5b e 2.5d) constatando-se, para cada 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente aplicado ao solo, uma redução de 0,063; 0,0096 e 0,0054% nos respectivos teores de N, P e Ca na parte aérea das plantas. Já os teores de K é linear crescente para aumento das dosagens de efluente (Figura 2.5c) e ainda os teores de Mg foi constatado um ajuste quadrático (Figura 2.5e).

Em estudos realizados por Fonseca (2007) e Fia (2008) constatou-se concentração média de N de 2,5 e 4,55 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Matos et al. (2008) encontraram 2,9 a 4,0 dag kg<sup>-1</sup> de N. Primavesi et al. (2004) também verificaram menor teor de N na ausência de adubação. Quanto às concentrações de P nas folhas de Tifton 85, Matos et al. (2008), Queiroz et al. (2004), Fonseca (2007), Silva (2008) e Fia (2008), observaram, estudando diferentes tipos de águas residuárias, concentrações de fósforo nas folhas de 0,36; 0,37; 0,40; 0,46 e 0,95 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente; já os teores de cálcio encontrados são inferiores aos obtidos por Rosa et al. (2004) e Barnabé (2001) com 0,55 e 0,53%, respectivamente, em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Os maiores teores de N, P e Ca foram encontrados nos tratamentos com dosagem zero em virtude, provavelmente, de alterações no balanço de nutrientes proporcionadas pelas dosagens mais elevadas aplicadas à cultura. Infere-se, então, que a aplicação continuada de dejetos na mesma área resulta em acúmulo de nutrientes no solo (CASTAMANN, 2005). Sobretudo o magnésio que têm a mesma valência e raio iônico semelhante que o cálcio ambos podendo competir pelo mesmo sítio de absorção (Mass et al. 1969). Assim, mesmo quando disponibilizados ao solo através da adubação orgânica, esses nutrientes necessitam de certo período de tempo a fim de serem mineralizados e absorvidos pela pastagem. Por outro lado, o suprimento adequado desses nutrientes se constitui em importante fator na nutrição de plantas tendo em vista que sua disponibilidade exerce grande influência na qualidade da pastagem (COSTA et al. 2009).

Quanto ao K, observa-se um aumento linear com o acréscimo das dosagens de efluentes (Figura 2.6c) verificando-se, portanto, um incremento de

0,048% deste nutriente na parte aérea das plantas para cada  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente adicionado ao solo.

É provável que esta ascensão dos teores foliares de K nas maiores dosagens pode ser atribuída aos altos teores deste nutriente nos efluentes aplicados proporcionando maior disponibilidade de potássio na camada superficial do solo. Porém, Menezes et al. (2009) abordam que, praticamente, todo o K encontrado nos dejetos se encontra na forma inorgânica, o que acarreta em lenta mineralização para posterior aproveitamento pelo sistema radicular.

Outra hipótese pode ser atribuída à baixa quantidade de Ca e Mg existente em sua composição favorecendo a absorção do K visto que, conforme Prado (2008), o processo de absorção do potássio pode ser interferido em situações de elevadas concentrações de Ca e Mg passível de inibir a absorção do mesmo.

Quanto ao Mg (Figura 2.5e) a aplicação de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente conferiu uma concentração mínima estimada de 0,085% deste nutriente na parte aérea das plantas; no entanto, nas plantas que não receberam efluentes a concentração obtida foi de 0,099%, refletindo um acréscimo de 116,9% de Mg na parte aérea da cultura em relação ao menor valor estimado.

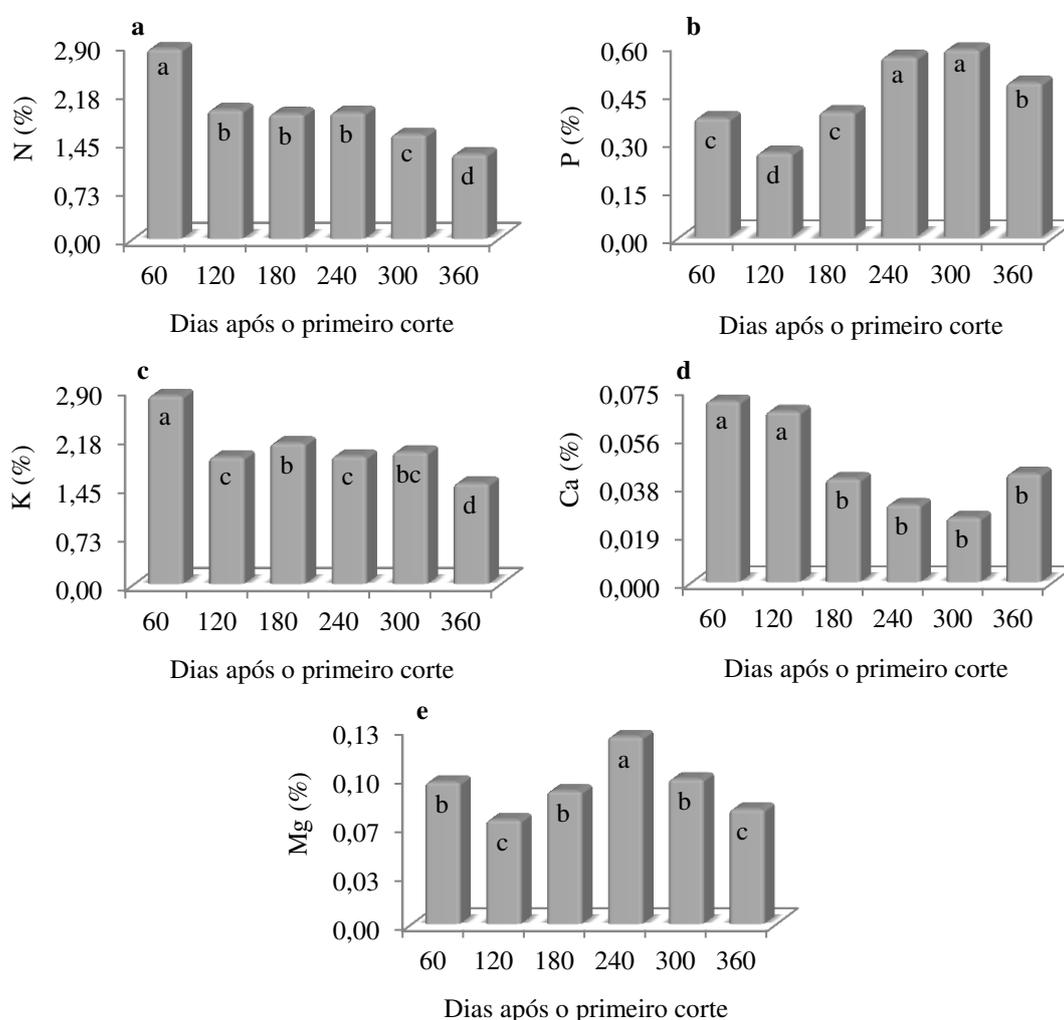
Com base nesses resultados infere-se que os teores de Mg encontrados na parte aérea da forragem são considerados adequados por Prado (2007), segundo o qual os níveis de Mg na parte aérea que conferem deficiência se encontram em torno de 0,04%, ressaltando-se que os níveis de Mg obtidos neste estudo se encontram acima do nível de deficiência. Em experimento conduzido por Rosa et al. (2004) observaram-se teores de Mg no capim Marandu de 0,43 e 0,44%, respectivamente, ao serem aplicados 100 e 200  $\text{m}^3$  de água residuária de suinocultura. Barnabé et al. (2007) obtiveram teor de Mg igual a 0,58% com a aplicação de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de água residuária de suinocultura na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; ambos, portanto, bem abaixo dos encontrados neste estudo.

Baseado nos nutrientes desejáveis como fonte alimentar do gado leiteiro, os teores de P (0,41-0,46) e K ( 1,93-2,1) estão acima do recomendado por Rocha et al. (2000) enquanto que os teores Ca (0,04-0,058) e Mg(0,08-0,1) encontrados neste estudo para diferentes dosagens de efluentes encontram-se abaixo do recomendado para nutrição animal.

### 2.3.2.3. Teor de nutrientes em função das diferentes épocas de corte

Assim como os tipos e dosagens de efluentes aplicados à cultura, as diferentes épocas de corte também influenciaram as concentrações dos macronutrientes: N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de Tifton 85 (Figura 2.6).

Figura 2.6. Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função das diferentes épocas de corte



O maior conteúdo de N e K (2,82 e 2,79%, respectivamente) foi obtido aos 60 dias após o primeiro corte (Figuras 2.6a e 2.6c). Infere-se, daí, que o teor médio de N obtido neste período é, respectivamente, 147, 152, 151, 182 e 224%

maior que aqueles observados aos 120, 180, 240, 300 e 360 dias do primeiro corte (Figuras 2.6a), provavelmente porque boa parte do nitrogênio fica disponível às plantas logo após a aplicação dos efluentes; fato semelhante foi observado com o K, os incrementos registrados aos 60 dias se encontram 148, 134, 147, 143 e 187% superiores aos obtidos nas demais épocas de corte (Figuras 2.6c).

Matos et al. (2013) obtiveram as maiores concentrações de K na parte aérea de Tifton 85, no primeiro corte; já Matos et al. (2008) obtiveram concentrações de K Tifton 85 na faixa de 1,30 a 1,52 dag kg<sup>-1</sup>. FIA et al. (2011) verificaram 2,11; 1,93; 2,10 e 2,04 dag kg<sup>-1</sup> de K, nas folhas do mesmo capim, ao receber, respectivamente, 163; 327; 460 e 561 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub>, em Sistemas Alagados Construídos-(SACs) utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura.

Com relação ao teor de P na parte aérea das plantas, as análises realizadas aos 240 e 300 dias do primeiro corte com, respectivamente, 0,56 e 0,58%, se mostraram estatisticamente superiores às realizadas aos 60, 120, 180, e 360 dias cujos valores médios obtidos foram, respectivamente, 0,36; 0,26; 0,38 e 0,47% (Figuras 2.6b).

Ao aplicar água residuária de suinocultura em Tifton 85, Queiroz et al. (2004) obtiveram concentrações de P nas folhas de 0,37 dag kg<sup>-1</sup>; já Matos et al. (2008) verificaram aumento na concentração de P com o aumento das taxas de carregamento orgânico superficial aplicadas. FIA et al. (2011) obtiveram concentrações médias variando de 0,79 a 0,97 dag kg<sup>-1</sup>, em dois cortes realizados. Erthal et al. (2010) encontraram concentrações variando de 0,17 a 0,19 dag kg<sup>-1</sup> de P, ao aplicar água residuária de bovinocultura.

Quanto ao Ca, os resultados apresentados na Figura 2.6d, indicam que sua maior concentração na parte aérea das plantas foi obtida aos 60 e 120 dias do primeiro corte, períodos em que os valores médios obtidos foram, respectivamente, 0,07 e 0,06%, diferindo estatisticamente das concentrações médias de 0,040; 0,030; 0,025 e 0,042% obtidas aos 180, 240, 300 e 360 dias após o primeiro corte.

Queiroz et al. (2004) observaram que a aplicação de água residuária de suinocultura proporcionou um acúmulo de 0,56 dag kg<sup>-1</sup> de Ca na parte aérea de

Tifton 85. Erthal et al. (2010) observaram um teor de 0,45 a 0,57 dag kg<sup>-1</sup> de Ca em Tifton 85 fertirrigado com água residuária de bovinocultura.

O maior acúmulo de Mg na parte aérea das plantas de Tifton 85 (0,12%) foi observado aos 240 dias do primeiro corte (Figura 2.7e), sendo este, respectivamente, 132, 180, 141, 129 e 163% superior àqueles obtidos aos 60, 120, 180, 300 e 360 dias do primeiro corte.

Matos et al. (2013) verificaram as maiores concentrações de Mg nas folhas (0,29 e 0,32 dag kg<sup>-1</sup>) por ocasião do primeiro corte do Tifton 85, enquanto Queiroz et al. (2004) encontraram 0,18 dag kg<sup>-1</sup> de Mg nas folhas do mesmo capim, aplicando água residuária de suinocultura em rampas de tratamento por escoamento superficial. Erthal et al. (2010) verificaram concentrações de 0,15 e 0,19 da kg<sup>-1</sup>, no terceiro corte de Tifton 85.

#### 2.3.2.4. Teor de nutrientes no desdobramento dos tipos de efluente para cada dosagem

Os desdobramentos dos diferentes tipos de efluentes em cada dosagem aplicada à cultura (Tabela 2.7), revelam efeito significativo a nível de 1% de probabilidade sobre o acúmulo de K e Mg na parte aérea das plantas quando foram aplicadas as dosagens de 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para o primeiro e 20 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para o segundo nutriente. Verificou-se, também, efeito significativo a nível de 5% de probabilidade sobre os teores de Ca apenas quando se aplicou o equivalente a 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

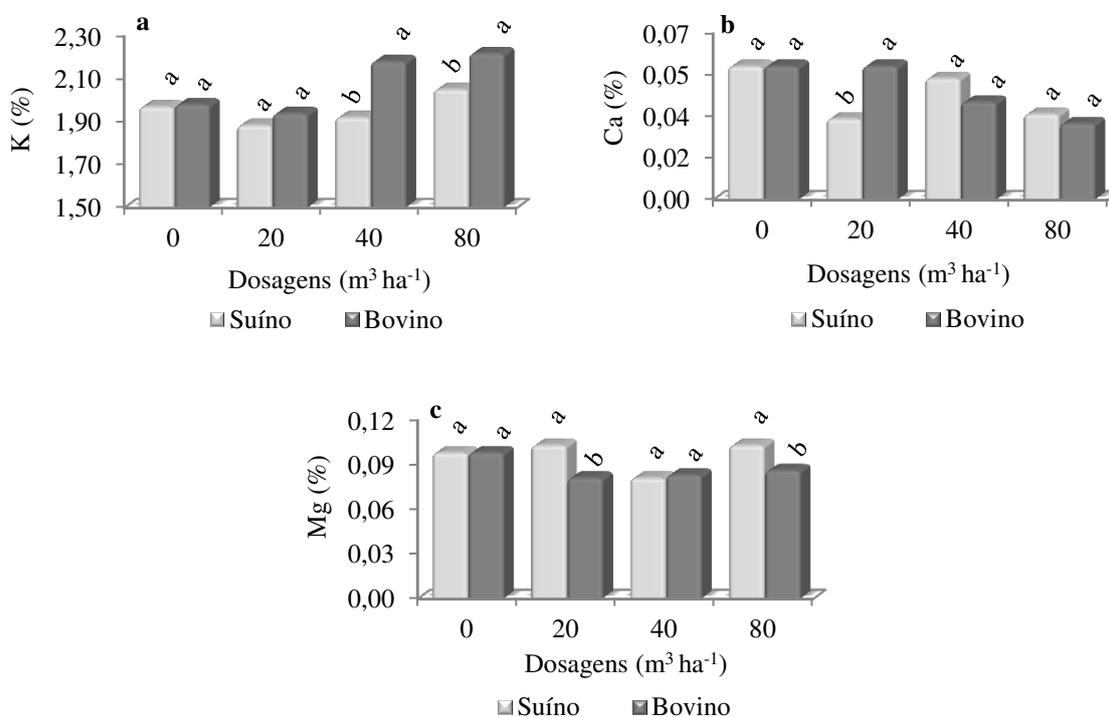
Tabela 2.7. Desdobramento dos diferentes tipos de efluente em cada dosagem aplicada para os teores de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		K	Ca	Mg
Tipos de efluente dentro da dosagem de 0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>
Tipos de efluente dentro da dosagem de 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	0,044282 <sup>ns</sup>	0,004824 <sup>*</sup>	0,006784 <sup>**</sup>
Tipos de efluente dentro da dosagem de 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	1,003627 <sup>**</sup>	0,001602 <sup>ns</sup>	0,000028 <sup>ns</sup>
Tipos de efluente dentro da dosagem de 80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	0,405082 <sup>**</sup>	0,000224 <sup>ns</sup>	0,004318 <sup>**</sup>

\*\* e \* significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Com base nos resultados apresentados na figura 2.8 constata-se que, em meio aos efluentes aplicados, o bovino proporcionou os maiores conteúdos de K na parte aérea das plantas (2,18 e 2,21%), diferindo estatisticamente do efluente suíno, respectivamente na dosagem de 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 2.7a). Quanto ao conteúdo de Ca (Figura 2.7b), verificam-se diferenças significativas entre os tipos de efluentes na dosagem de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em que o efluente bovino conferiu maior acúmulo deste nutriente na parte aérea das plantas (0,056%). O teor de Mg foi significativamente influenciado pelos diferentes tipos de efluentes aplicados à cultura, cujos, maiores acúmulos deste nutriente na parte aérea das plantas (0,103%), foram obtidos nas dosagens correspondentes a 20 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente suíno; portanto, estatisticamente superior aos resultados obtidos com a aplicação do efluente bovino (Figura 2.7c).

Figura 2.7. Porcentagem de Potássio (a), Cálcio (b) e Magnésio (c) na parte aérea das plantas de Tifton 85 em função dos diferentes tipos e dosagens de efluentes



Os desdobramentos das dosagens de efluente aplicados em cada tipo de efluente testado (Tabela 2.14) indicam que há efeito significativo a nível de 1% e

5% de probabilidade sobre o conteúdo de K na parte aérea das plantas de Tifton 85, quando se utilizaram, respectivamente, os efluentes bovino e suíno; para os teores de Ca e Mg verifica-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade, em ambos os efluentes testados.

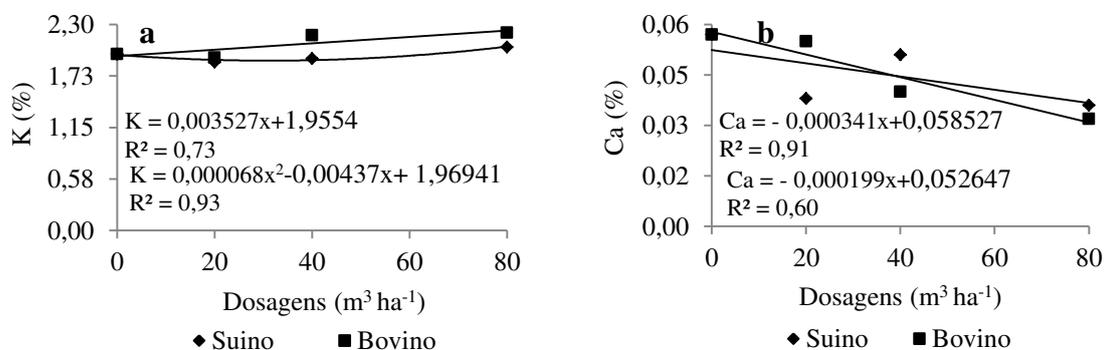
Tabela 2.8. Desdobramento das diferentes dosagens em cada tipo de efluente aplicado para os teores de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

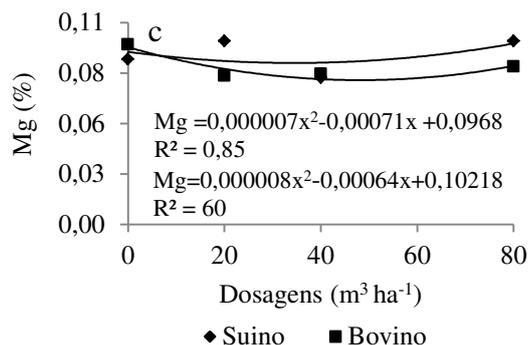
Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		K	Ca	Mg
Dosagens de efluente / efluente suíno	3	0,160543 <sup>†</sup>	0,003169 <sup>**</sup>	0,003123 <sup>**</sup>
Dosagens de efluente / efluente bovino	3	0,588846 <sup>**</sup>	0,004433 <sup>**</sup>	0,001742 <sup>**</sup>

<sup>\*\*</sup> e <sup>†</sup> significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

Percebe-se nesses resultados, que a aplicação de 32,13 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente suíno (Figura 2.8a) proporcionou uma concentração mínima de K na parte aérea das plantas de Tifton 85, da ordem de 1,89%; este teor se encontra 4,05% menor do que o obtido na ausência de efluente suíno. Nota-se, ainda, que para cada 20 m<sup>3</sup> de efluente bovino aplicado por hectare há um incremento de 0,07% no teor de K na parte aérea de Tifton 85 (Figura 2.8a).

Figura 2.8. Porcentagem de Potássio (a), Cálcio (b) e Magnésio (c) na parte aérea das plantas de Tifton 85 em função dos diferentes tipos e dosagens de efluentes





Com referência aos teores, observa-se um decréscimo linear das concentrações de Ca na parte aérea das plantas com o acréscimo dos níveis de efluentes (Figura 2.8b), constatando-se uma redução de 0,003 e 0,006%, respectivamente, para cada 20 m³ ha⁻¹ de efluente suíno e bovino aplicado ao solo. Com relação aos teores de Mg (Figura 2.9c) a aplicação de 40 m³ ha⁻¹ de efluente suíno e de 50,71 m³ ha⁻¹ de efluente bovino, proporcionou uma concentração mínima de 0,089 e 0,078%, respectivamente. Esses valores são 12,74 e 18,75% menores em relação às plantas que não receberam adubação. Por meio do desdobramento dos diferentes tipos de efluente em cada época de corte (Tabela 2.9) notam-se efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade sobre os teores de K aos 120, Ca aos 60 e Mg aos 60 e 240 dias após o primeiro corte. Percebem-se também, efeitos significativos a nível de 5% de probabilidade sobre os teores de N aos 60 e 240 dias após o primeiro corte, e sobre o acúmulo de K e Mg na parte aérea das plantas, aos 300 dias do primeiro corte; já os desdobramentos das diferentes épocas de corte em cada efluente aplicado à cultura, revelam efeitos significativos a nível de 1% de probabilidade sobre todas as variáveis analisadas, independente do tipo de efluente aplicado à cultura (Tabela 2.9).

Tabela 2.9. Desdobramento dos diferentes tipos de efluente em cada época de corte para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		N	K	Ca	Mg
Efluente /Corte1	1	0,31329*	0,000001 <sup>ns</sup>	0,006528**	0,00396**
Efluente /Corte2	1	0,093122 <sup>ns</sup>	1,193702**	0,000008 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>
Efluente /Corte3	1	0,002103 <sup>ns</sup>	0,155002 <sup>ns</sup>	0,001277 <sup>ns</sup>	0,000009 <sup>ns</sup>
Efluente /Corte4	1	0,30976*	0,093122 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,00222**
Efluente /Corte5	1	0,00324 <sup>ns</sup>	0,36864*	0,000036 <sup>ns</sup>	0,00121*
Efluente /Corte6	1	0,17161 <sup>ns</sup>	0,018063 <sup>ns</sup>	0,000593 <sup>ns</sup>	0,000384 <sup>ns</sup>

\*\* e \* significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Os teores de N aos 60 e 240 dias diferenciam estatisticamente quanto ao tipo de efluente, não havendo significância dos tipos de efluente para as demais épocas do ano; os teores de K variam em função dos tipos de efluente aos 60 e 300 dias após o primeiro corte; os teores de Ca variam em função do tipo de efluente apenas nos primeiros 60 dias enquanto que os teores de Mg variam significativamente em função dos tipos de efluente aos 60, 240 e 300 dias após o primeiro corte.

Tabela 2.10. Desdobramento das diferentes épocas de corte em cada tipo de efluente aplicado para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

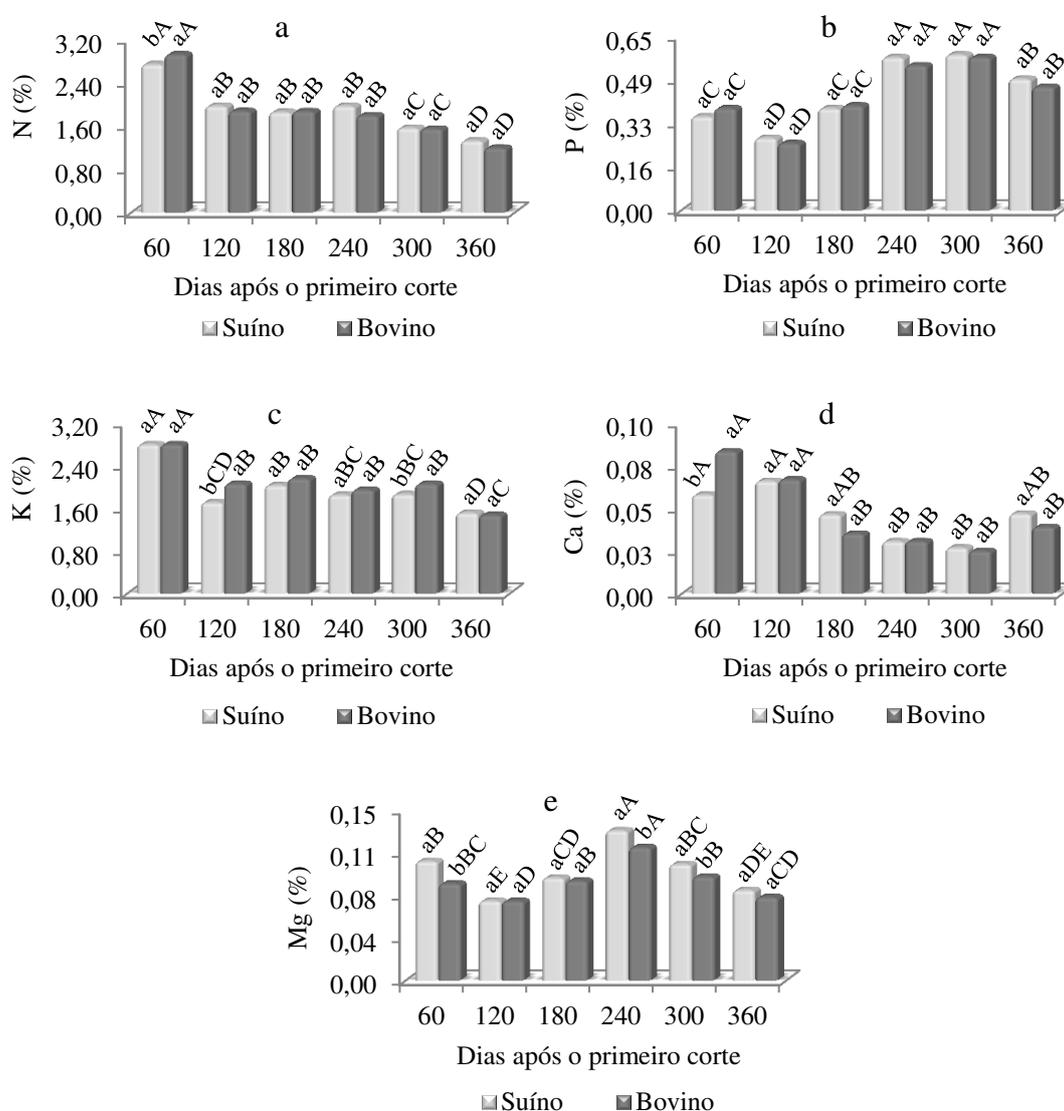
Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Época de corte/ efluente suíno	1	4,612325**	0,328943**	3,929966**	0,00457**	0,009510**
Época de corte/ efluente bovino	1	6,621071**	0,282525**	3,611129**	0,010707**	0,005607**

\*\* e \* significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Comparando os diferentes tipos de efluente aplicado à cultura, nota-se que o bovino proporcionou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas (2,91%) diferindo significativamente do efluente suíno com 2,73% aos 60 dias após o primeiro corte diferindo, também, das demais épocas de corte, em relação a este mesmo período (Figura 2.9a). Para o P observa-se efeito significativo apenas

entre as diferentes épocas de corte em que as maiores concentrações deste nutriente na parte aérea de Tifton 85 foram observadas aos 240 e 300 dias obtendo-se, respectivamente, teores de 0,57 e 0,58% com a aplicação do efluente suíno e 0,54 e 0,57% com a adição de efluente bovino ao solo (Figura 2.9b).

Figura 2.9. Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea das plantas de Tifton 85, em função dos diferentes tipos de efluentes e épocas de corte



Letras minúsculas comparam efluentes em cada época de corte. Letras maiúsculas comparam épocas de corte em cada tipo de efluente.

Embora aos 120 e 300 dias do primeiro corte o efluente bovino tenha conferido maior concentração de K (2,056 e 2,056%, respectivamente) que o efluente suíno com respectivos 1,708 e 1,861%, os maiores acúmulos deste nutriente na parte aérea das plantas (2,79%) foram verificados aos 60 dias do primeiro corte, independente do efluente aplicado e, portanto, diferindo estatisticamente dos teores obtidos nas demais épocas e corte (Figura 2.9c).

Quanto aos teores de Ca (Figura 2.9d) constata-se que, entre os efluentes aplicados, o bovino com 0,083% proporcionou o maior acúmulo deste nutriente na parte aérea das plantas diferindo estatisticamente do efluente suíno com 0,058% aos 60 dias após o primeiro corte. Entretanto, nas diferentes épocas de corte, foram constatadas semelhanças estatísticas com o efluente suíno aos 60, 120, 180 e 360 dias do primeiro corte com as respectivas concentrações de 0,057; 0,065; 0,046 e 0,047%.

Para o acúmulo de Mg na parte aérea das plantas, diferenças significativas foram verificadas entre os efluentes aplicados aos 60, 240 e 300 dias do primeiro corte, sendo as melhores respostas obtidas com a aplicação do efluente suíno com 0,11; 0,13 e 0,10%, respectivamente; por outro lado se nota, nas diferentes épocas de corte, que aos 240 dias do primeiro corte os efluentes suíno com 0,132% e bovino com 0,117% se sobressaíram estatisticamente sobre os teores de 0,105; 0,07; 0,09; 0,102 e 0,079 obtidos, respectivamente, com a aplicação do efluente suíno aos 60, 120, 180, 300 e 360 dias do primeiro corte e sobre os teores de 0,085; 0,07; 0,087; 0,091 e 0,073 alcançados com a aplicação do efluente bovino, respectivamente, nos mesmos períodos.

De modo geral e com exceção do P, que teve os maiores teores registrados aos 240 e 300 dias do primeiro corte, provavelmente em função da mineralização lenta após a aplicação dos efluentes. Os demais nutrientes analisados se mostraram mais expressivos aos 60 dias após o primeiro corte devido provavelmente, ao melhor desenvolvimento das plantas de Tifton 85, em condições de temperatura e luminosidade adequadas, contribuindo para um aproveitamento maior dos nutrientes contidos nos efluentes aplicados.

Para Menezes & Salcedo (2007) a utilização de materiais orgânicos de origem animal é amplamente utilizada para o suprimento de nutrientes, o que pode ser confirmado por Ceratte et al. (2003) que constataram, ao trabalharem

com esterco líquido de suínos, elevação dos teores de P, Ca, Mg em áreas sob pastagem natural, enquanto Galvão et al. (2008) observaram acumulações significativas de N, P, K, Ca e Mg em Neossolo.

Com base nos desdobramentos das diferentes dosagens de efluentes em cada época de corte (Tabela 2.11) verifica-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade sobre os teores de N aos 60, 120 e 360 dias, P aos 180 dias, K aos 60, 120, 180 e 240 dias, Ca aos 60 e 120 dias, e Mg aos 240 dias do primeiro corte; ocorreu ainda, efeito significativo a nível de 5% de probabilidade sobre os teores de P, apenas aos 60 dias do primeiro corte.

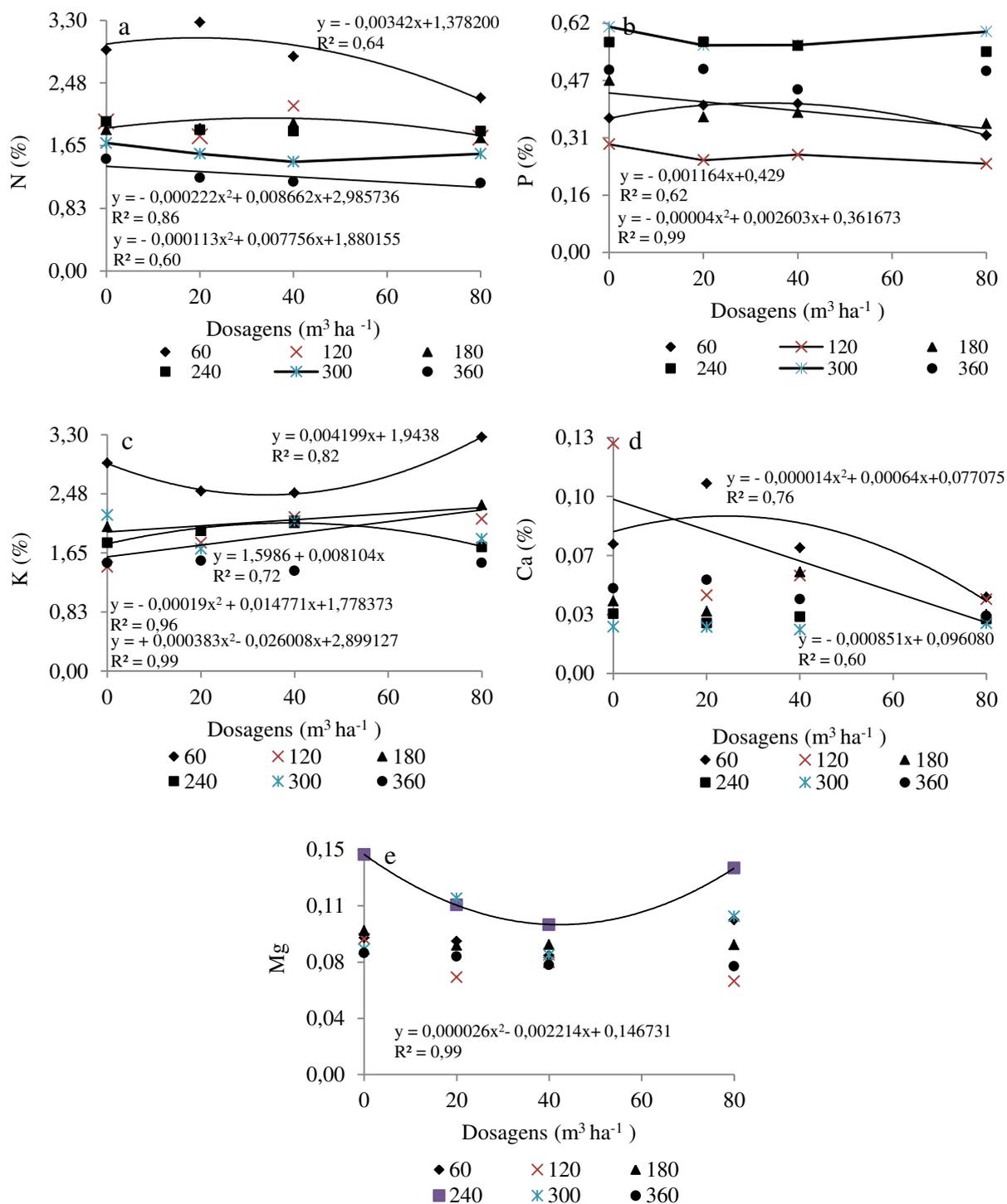
Tabela 2.11. Desdobramento das diferentes dosagens de efluente em cada época de corte para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Dosagem de efluente /Corte1	1	1,6764**	0,0159*	1,3746**	0,0054**	0,0014 <sup>ns</sup>
Dosagem de efluente /Corte2	1	0,3866**	0,0052 <sup>ns</sup>	1,0606**	0,0166**	0,0028 <sup>ns</sup>
Dosagem de efluente /Corte3	1	0,0672 <sup>ns</sup>	0,0254**	0,2493**	0,0011 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Dosagem de efluente /Corte4	1	0,0343 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,2642**	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0046**
Dosagem de efluente /Corte5	1	0,1018 <sup>ns</sup>	0,0063 <sup>ns</sup>	0,4725 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0032 <sup>ns</sup>
Dosagem de efluente /Corte6	1	0,2117**	0,0066 <sup>ns</sup>	0,0384 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>

\*\* e \* significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

A partir dos resultados encontrados verifica-se que a aplicação de 19,50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente aos 60 dias do primeiro corte, conferiu uma concentração máxima de 3,07% de N na parte aérea de Tifton 85; aos 120 dias após o primeiro corte e com a adição, ao solo, de 34, 31 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente, obtiveram-se 2,01% de N na parte aérea das plantas; já ao término do experimento (360 dias do primeiro corte) observa-se um decréscimo linear com o acréscimo dos níveis de efluentes, da ordem de 0,06% de N na parte aérea das plantas para cada 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente adicionado ao solo (Figura 2.10a).

Figura 2.10. Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função dos diferentes níveis de efluentes e épocas de corte



Aos 60 dias do primeiro corte a fertilização com  $32,53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente proporcionou uma concentração máxima de 0,40% de P na parte aérea de Tifton 85; aos 180 dias nota-se, para cada  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente adicionado ao solo uma redução de 0,02% de P na parte aérea de Tifton 85 (Figura 2.10b).

Quanto ao K, constata-se que a disposição de  $33,95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente aos 60 dias do primeiro corte conferiu uma concentração mínima de 2,45% de P nas plantas cujo valor é 15,22% menor que o total de P encontrado nas plantas que não receberam adubação; já aos 120 e 180 dias do primeiro corte houve um incremento linear com o acréscimo das dosagens de efluentes verificando-se, portanto, um aumento de, respectivamente, 0, 16 e 0,083% nos teores de K para cada  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente adicionado ao solo; aos 240 dias do primeiro corte a aplicação de  $38,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente proporcionou um acúmulo de 2,06% de K na parte aérea de Tifton 85 (Figura 2.10c).

Aos 60 dias do primeiro corte a fertilização com  $22,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente conferiu um acúmulo de 0,08% de Ca na parte aérea das plantas enquanto aos 120 dias do primeiro corte se verifica uma redução de 0,017% nos teores de Ca para cada  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente adicionado ao solo (Figura 2.10d); aos 240 dias do primeiro corte a aplicação de  $42,57 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente conferiu uma concentração mínima de 0,09% de Mg nas plantas de Tifton 85 encontrando-se, portanto, 32,12% inferior ao obtido na ausência de fertilização (Figura 2.10e).

Nota-se que o acréscimo das dosagens dos efluentes reduziu o conteúdo dos macronutrientes na parte aérea de Tifton 85, independente do período de avaliação, em função, provavelmente, dos elevados teores de nutrientes contidos nos efluentes suíno e bovino e que foram disponibilizados à cultura nas formas prontamente disponíveis para absorção uma vez que os níveis acima do máximo estimado foram prejudiciais, reduzindo a concentração de nutrientes na parte aérea das plantas. Segundo Smith (1965) e Witt (1997), em quantidades elevadas este nutriente pode dificultar o desenvolvimento radicular das plantas e, com isto, comprometer seu desenvolvimento. Especialmente em culturas cujo desenvolvimento está positivamente correlacionado com o desenvolvimento do sistema radicular da planta (BLOMME et al. 2001).

Nos desdobramentos das diferentes épocas de corte em cada dosagem de efluente aplicado (Tabela 2.12) os teores de Ca na parte aérea das plantas foram

significativamente influenciados a nível de 1% de probabilidade mas apenas quando se aplicaram as dosagens de 0, 20 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para os demais nutrientes o efeito foi significativo em todas as dosagens de efluente aplicado.

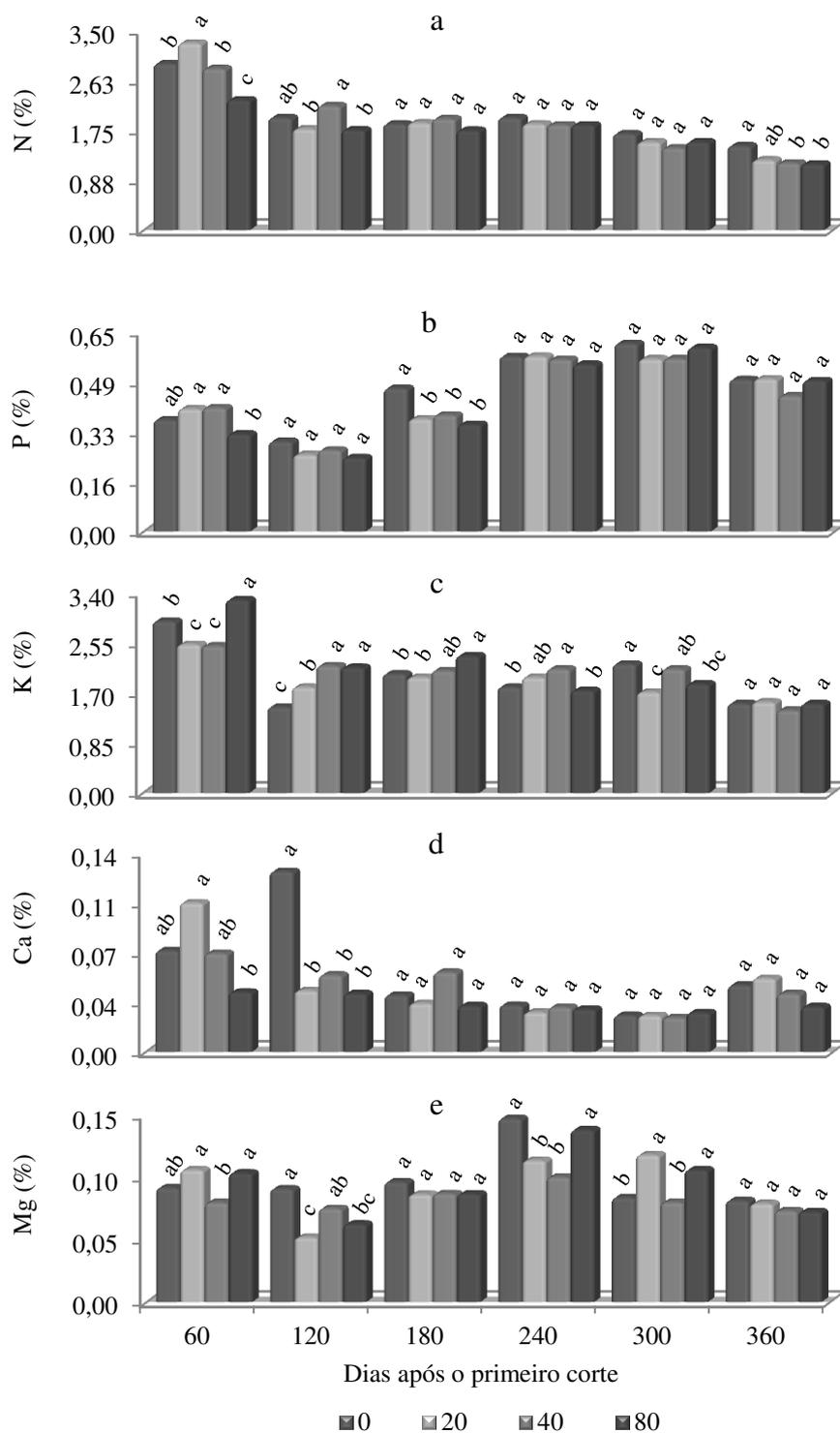
Tabela 2.12. Desdobramento das diferentes épocas de corte em cada dosagem de efluente aplicado para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na parte aérea de Tifton 85

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Época de corte / 0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	2,4551**	0,1458**	2,8365**	0,0141**	0,0058**
Época de corte / 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	4,9518**	0,1551**	1,1153**	0,0075**	0,0062**
Época de corte / 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	3,3544**	0,1295**	1,2452**	0,0028**	0,0009**
Época de corte / 80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1	1,3569**	0,1996**	3,8951**	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0073**

\*\* e \* significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Verifica-se em meio aos resultados obtidos, que os diferentes dosagens de efluentes aplicados influenciaram sobremaneira as concentrações de nutrientes na parte aérea das plantas de Tifton 85 (Figura 2.11), cujos resultados indicam que o maior conteúdo de N foi obtido com a aplicação de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (3,27%), 0 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (1,96 e 2,17%, respectivamente) e 0 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (1,22 e 1,47%) respectivamente aos 60, 120 e 360 dias do primeiro corte (Figura 2.12a). Com relação aos teores de P observa-se na Figura 2.11b, que a maior concentração deste nutriente na parte aérea das plantas ocorreu aos 60 dias do primeiro corte, nas plantas que não receberam nenhum tipo de efluente e nas que receberam o equivalente a 20 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com 0,36; 0,39 e 0,40% e aos 180 dias com 0,46% em plantas que não receberam aplicação de efluentes.

Figura 2.11. Porcentagem de Nitrogênio (a), Fósforo (b), Potássio (c), Cálcio (d) e Magnésio (e) na parte aérea de Tifton 85, em função dos diferentes dosagens de efluentes e épocas de corte



Letras minúsculas comparam dosagens de efluentes em cada época de corte.

Quanto ao K, observam-se diferenças significativas entre os níveis de efluentes aplicados cujas melhores respostas foram obtidas aos 60 dias do primeiro corte ao se aplicar  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  com de 3,26%, aos 120 e 180 dias as concentrações médias de 2,15 e 2,12% para o primeiro e 2,06 e 2,32% para o segundo corte, respectivamente, com a aplicação de 40 e  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , aos 240 dias com 1,95 e 2,09%, respectivamente, com a aplicação de 20 e  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e aos 300 dias após o primeiro corte com 2,18 obtidos na ausência dos efluentes e 2,09% obtidos com a aplicação de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Figura 2.11c).

Para os teores de Ca na parte aérea das plantas constata-se que, entre as diferentes dosagens de efluentes aplicados à cultura, os maiores teores médios foram 0,07; 0,10 e 0,06% sendo estas obtidas, respectivamente, na ausência de efluentes e com as aplicações de 20 e  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aos 60 dias do primeiro corte e ainda aos 120 dias do primeiro corte com valor médio de 0,12% obtido sem a aplicação dos efluentes (Figura 2.11d).

O maior acúmulo de Mg na parte aérea foi obtido nas plantas que não receberam tipo algum de efluente com 0,09% e nas que receberam o equivalente a 20 e  $80 \text{ m}^3$  de efluentes por hectare com 0,10% em ambos os níveis aplicados aos 60 dias do primeiro corte e ainda aos 120 dias com médias de 0,09% sem a aplicação de efluentes e 0,07% na dosagem de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ; aos 240 dias com teores médios de 0,14 e 0,13% obtidos, respectivamente, em plantas que nada receberam dos efluentes testados e em plantas que receberam  $80 \text{ m}^3$  de efluente por hectare e aos 300 dias do primeiro corte com a aplicação de 20 e  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (0,11 e 0,10%, respectivamente) (Figura 2.11e).

Do ponto de vista nutricional a utilização de efluentes suíno e bovino constitui-se em uma importante estratégia de cultivo visto que contém, em sua composição, elevadas quantidades de nutrientes essenciais ao bom desenvolvimento das culturas de interesse econômico, principalmente N, P e K, que foram disponibilizados ao Tifton 85 por meio das adubações. Pode-se deduzir então, face aos resultados satisfatórios obtidos, que a cultura aproveitou parte desses nutrientes disponibilizados ao solo para suprir suas exigências nutricionais.

Diversos estudos relatam incrementos satisfatórios proporcionados pelo acúmulo de nutrientes provenientes da aplicação de efluentes, como fonte de

fertilizante para as plantas, como os de Chakrabarti (1995), Vazquez-Montiel et al. (1996) e Fonseca (2005) que obtiveram resultados satisfatórios com a utilização de água residuária associada aos níveis de 343,2 e 520 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Este fato encoraja Strauss & Blumenthal (1989) a enfatizar que o aproveitamento de água residuária é muito atraente para as regiões áridas e semiáridas, onde a escassez de água ou a distribuição irregular das chuvas limita a produção agrícola.

## 2.4. CONCLUSÕES

Os efluentes dos biodigestores de bovinocultura leiteira e suinocultura alteram a produção de massa matéria seca de capim tifton 85 na maior parte do ano, com exceção na época de inverno.

A dosagem de efluente aplicada no solo influencia significativamente a produção de massa matéria seca de capim tifton 85 na maior parte do ano com exceção na época do inverno de modo que a dosagem de 111 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente da suinocultura e 64,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> determinaram as produtividades máximas de 109,7% e 112,9%, respectivamente, de massa seca.

As épocas do ano influenciaram na produtividade, de modo que no inverno a produtividade de massa matéria seca é menor para os dois tipos de efluentes, de tal modo que o tipo de efluente e a dosagem de efluente não são significativos na produtividade de massa matéria seca.

A produtividade de matéria seca de tifton 85 com fertilização de efluente da bovinocultura leiteira não variou nas dosagens de 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em todas as épocas do ano enquanto a produtividade do cultivar em solo fertilizado com efluente suíno a produtividade aumenta na medida em que a dosagem de efluente dentro do intervalo de zero a 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> também aumenta.

O efluente bovino foi mais eficiente no acúmulo de K (2,08%) na parte aérea da planta enquanto o efluente suíno foi mais eficiente no acúmulo de Mg na concentração média de 0,096%. Os níveis de nutrientes disponíveis no solo para absorção do tifton 85 são satisfatórios e diminuem o efeito dos efluentes aplicados.

O efluente bovino proporcionou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas em todos os períodos do ano.

O efluente suíno foi mais eficaz no acúmulo de Mg na parte aérea de capim tifton 85.

Ocorreu efeito significativo quanto às dosagens de efluentes aplicadas à cultura para os teores de todas as variáveis avaliadas.

Houve variação significativa do teor de todos os nutrientes avaliados em função da época de corte.

O acréscimo das dosagens dos efluentes reduziu o conteúdo dos macronutrientes na parte aérea de Tifton 85, independente do período de avaliação em função, provavelmente, dos elevados teores de nutrientes contidos nos efluentes suíno e bovino e que foram disponibilizados à cultura nas formas prontamente disponíveis para absorção uma vez que os níveis acima do máximo estimado foram prejudiciais, reduzindo a concentração de nutrientes na parte aérea das plantas.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S.J. **Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n.5, p.901-910, 2006.

AZEVEDO, M.L.A. **Utilização de esterco de suínos "in natura" em pastagem de capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.).** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

BARNABÉ, M. C. **Produção e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura.** (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L. et al. **Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos.** Ciência Animal Brasileira. , v. 8, n. 3, p. 435-446, 2007.

BASSO, S.M.B.; ELLWANGER, M. de F.; SCHERER, C.V.; FORTANELI, R.S. **Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.11, p.1940-1946, 2008.

BLOMME, G.; SWENNEN, R.; TENKOUANO, A.; ORTIZ, R.; VUYLSTEKE, D. **Estimación del desarrollo de las raíces a partir de los caracteres de los brotos en banano y plátano (*Musa* spp.).** InfoMusa, Montpellier, v.10, n.1, p.15-17, 2001.

CASTAMANN, A. **Aplicação de dejetos líquidos de suíno na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, 2005.

CHAKRABARTI, C. **Residual effects of long-term land application of domestic wastewater**. Environmental International, Surrey, v. 21, p.333–339, 1995.

COSTA, K. A. de P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. de. **Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu**. Ciência Animal Brasileira, v. 10, n. 1, p. 115-123, 2009.

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; RODRIGUES, G.P.; FERNANDES, A.L.T. **Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquido de suíno**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.2, p.426-433, 2006.

DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; PAVINATO, P.S. **Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos**. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 26, n.4, p. 983-992, 2002.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A. F.; PEREIRA, O. G; MATOS, A. T. **Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.458-466, 2010.

ERTHAL, V.J.T. **Fertilização de capim tifton 85 e aveia preta com águas residuárias da bovinocultura: efeito no solo e nas plantas**. Tese de doutorado pela Universidade Federal de Viçosa, 2008. Em [www.tede.ufv.br](http://www.tede.ufv.br). Acesso em 19/08/2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG; UFLA, 2010.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; LAMBERT, T. F.; MATOS, M. P. **Remoção de nutrientes por Typha latifolia e Cynodon spp cultivadas em sistemas**

**alagados construídos.** Revista Ambiente e Água, Taubaté, v.6, n.1, p.77-89, 2011.

FIA, R.; MATOS, A. T.; FERREIRA, P. A.; TEODORO, P. E. P.; SCHUERY, F. C.; LUIZ, F. A. R. **Desempenho agrônômico da *Typha sp.* e *Alternanthera philoxeroides* Mart. utilizadas no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro em sistema alagado construído.** Engenharia na Agricultura, v. 16, n. 4, p. 436-448, 2008.

FONSECA, A. F. **Viabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem.** Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, p.174, 2005.

Fonseca, A. F.; Melfi, A. J.; Monteiro, F. A.; Montes, C. R.; Almeida, V. V.; Herpin, U. **Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass.** Agricultural Water Management, v.87, p.328-336, 2007.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa: UFV, p. 122, 2001.

HILL G. M.; GATES,R.N.; BURTON, G.W. **Forage quality and grazing steer performance from tifton 85 and tifton 78 bermudagrass pastures.** J. Anim. Sci., 71(12):3219-3225, 1993.

KONZEN, E.A. **Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: ABID, p.4, 2002.

MASS, E. V.; MOORE, D. P.; MASON, B. J. **Influence of calcium and magnesium on manganese absorption.** Plant Physiology, Minneapolis, v. 44, p. 796-800, 1969.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. **Desempenho agrônômico de capim tifton 85 (*Cynodon spp.*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios.** Revista Ambiente e Água, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O. G. **Desempenho agrônômico de capim-Tifton 85 (*cynodon spp*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios.** Revista Ambiente e Água, Taubaté, v.3, n.1, p.43-53, 2008b.

MATOS, Antonio T. de; SILVA, Denise de F.; MONACO, Paola A. V. Lo and PEREIRA, Odilon G. **Produtividade e composição química do capim-Tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolado de resíduo sólido urbano.** *Engenharia Agrícola*. v.33, n.1, p. 188-200, 2013.

MENEZES, J. F. S.; FREITAS, K. R.; CARMO, M. L. et al. **Produtividade de massa seca de forrageiras adubadas com cama de frango e dejetos líquidos de suínos.** In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SIGERA, p. 322-327, 2009.

MICKENHAGEN, R. **Produção de feno ao nível de produtor.** In: Workshop sobre o potencial forrageiro do gênero *Cynodon*. Juiz de Fora. Anais ... Juiz de Fora: Embrapa – CNPGL, p. 69 – 75, 1996.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; CECON, P. R.; MORAES, S. A.; SILVEIRA, P. R. **Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p. 1949-1960, 2000.

OST, H. J.; SILVA DA, G. M.; MAIXNER, A.R.; BERTO, J.L.; MONTARDO, D.P.; SARTORI, C.O. **Sobressemeadura de forrageiras de inverno em pastagem**

**de Tifton 85.** I Congresso Sul Brasileiro de Produção Animal Sustentável (I ANISUS), 2010.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas.** FUNEP: Jaboticabal, p. 500, 2007.

PRIMAVESI, A.C. et al. **Extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio pelo capim-coastcross adubado.** Ceres, v.51, n.295, p.295-306, 2004.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, A. L. **Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura.** Revista Engenharia na Agricultura, v. 12, n. 2, p. 77-90, 2004.

REIS, R. A. et al. **Produção de fenos de Cynodon. In: Cynodon: Forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira.** p. 79-131. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005.

RIBEIRO K.G.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; VALADARES F., S.C.; CECON, P.R. **Consumo e Digestibilidades Aparentes Total e Parcial, de Nutrientes, em Bovinos Recebendo Rações Contendo Feno de Capim-Tifton 85 de Diferentes Idades de Rebrotas.** Revista Brasileira da Zootecnia, v.30, n.2, 2001.

ROCHA, G.P.; EVANGELISTA, A.R.; PAIVA, P.C.de A.; FREITAS, R.T.F.de; GARCIA, E.; ROSA, B. **Estudo da composição mineral de três gramíneas do gênero *Cynodon*.** Ciência Animal Brasileira, v.1, n.1, 2000.

ROSA, B.; BARNABÉ, F. H. G. A.; HEINEMANN, A. B. et al. **Produção e composição químico-bromatológica do capim braquiarião cv. Marandu fertilizado com diferentes doses de dejetos líquidos de suínos.** In.: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Campo Grande. Anais..., 2004.

ROSA, B.; BARNABÉ, F.H.G.A.; SILVA, L.T. **Utilização de dejetos líquidos de suínos como fonte de NPK para o capim braquiário (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: UFRPE, 1 CD-ROM, 2002.

SILVA, D. F. **Efeito da aplicação de percolado de resíduos sólidos urbano em solo cultivado com capim-tifton 85**. 2008. 148f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SMITH, P. F. **Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia oranges trees**. Florida State Horticultural Society, v.78, n.1, p.55-59, 1965.

STRAUSS M.; BLUMENTHAL, U. J. **Human Waste Use In Agriculture and Aquaculture**. Utilization Practices and Health Perspectives. IRCWD Report N°08/89, p. 250, 1989.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, p.174, 1995.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. **Management of domestic wastewater for reuse in irrigation**. Water Science and Technology, v.33, p.355-362, 1996.

WITT, H. H. **Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors**. Acta Horticulturae, Freising, n.450, p.205-214, 1997.

## **CAPÍTULO 3**

Análise de crescimento e produção da soja cultivada em solo biofertilizado com diferentes efluentes

---

## RESUMO

A utilização de efluente de biodigestor é uma prática altamente promissora para o desenvolvimento de culturas como a soja quando o manejo é adequado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dosagem de efluente de biodigestor oriundo das atividades de suinocultura e de bovinocultura leiteira no cultivo da soja, analisando o crescimento em altura, diâmetro caulinar, área foliar, número de grãos e massa de matéria seca de grãos. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Medianeira – Paraná, utilizando vasos com capacidade de 50 litros, preenchidos com Latossolo Vermelho Distrófico Típico. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, no esquema de fatorial (2x4), dois efluentes (suinocultura e bovinocultura leiteira) e quatro dosagens desses efluentes (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições. Constatou-se que as doses de efluente da bovinocultura leiteira, influenciaram significativamente na altura da planta, a partir dos 30 dias após a emergência. Não houve influência significativa quanto às doses de efluente suíno na altura da soja. As doses de efluente não influenciaram no diâmetro do caule enquanto para formação do número de grãos houve influência a nível de 5% de probabilidade; entretanto, para a massa seca de grãos as doses dos dois tipos de efluente influenciaram significativamente.

**Palavras-chave:** resíduos, fertilização do solo, produtividade.

## ABSTRACT

The use of digester effluent is a highly promising for practical development of crops such as soybeans when treatment is appropriate. The aim of this study was to evaluate the dosage of biodigester effluent arising from activities of swine and dairy cattle in the cultivation of soybeans, analyzing the growth in height, stem diameter, leaf area, grain number and dry weight of grain. The experiment was conducted on a farm in the Medianeira city – Paraná State, using pots with a capacity of 50 liters, filled out with soil Typical Oxisol. The statistical design used was a randomized block design in a factorial scheme (2x4), two effluents (swine and dairy cattle) and four doses of these effluents (0, 20, 40 and 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), with five replicates. It was found that doses of dairy cattle effluent influenced significantly in plant height, starting 30 days after emergence. There was no significant influence as the doses of the swine wastewater at the time of soybeans. The doses of the effluent did not affect stem diameter while for the formation of number of grains was effect at the 5% probability; however, for the dry grain doses of the two types of effluent significantly influenced.

**Keywords:** waste, soil fertility, productivity.

### 3.1. Introdução

A região oeste do Estado do Paraná tem sua economia baseada na pecuária, agricultura e comércio. A suinocultura e a bovinocultura leiteira tem uma importância econômica significativa. Além da geração de renda, os animais produzem grandes quantidades de dejetos e que estão se tornando um problema para o produtor uma vez que os dejetos não podem ser lançados no ambiente sem tratamento e de forma equilibrada. Os dejetos tem grandes concentrações de nutrientes que podem reduzir os custos de produção agrícola se forem devidamente tratados e aplicados criteriosamente no solo como biofertilizante.

Conforme Steinmetz et al. (2009), a atividade de confinamento de grande número de animais é uma atividade de grande potencial poluidor por gerar grandes quantidades de dejetos com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados (ex. Cu e Zn). A concentração desses poluentes varia de acordo com os tratamentos e, se tratados inadequadamente, podem ocasionar problemas ambientais (KUNZ, 2006).

A soja, (*Glycine max* (L.) Merr) era, originalmente, uma espécie de planta rasteira que se desenvolvia na costa leste da Ásia, sobretudo ao longo do Rio Amarelo. Ela evoluiu de início de forma natural, com o cruzamento de duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas EMBRAPA, (2004). Sua importância na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milho, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimônias ritualísticas na época da semeadura e da colheita. Além de ser um alimento com muitas propriedades nutritivas, ela contém várias propriedades medicinais. Apesar da planta ser milenar no Oriente, apenas na segunda metade do século XX os Estados Unidos (EUA) iniciaram a exploração comercial (EMBRAPA, 2004).

O primeiro registro de cultivo de soja no Brasil data de 1914, no município de Santa Rosa, no Estado do Rio Grande do Sul mas foi somente a partir dos anos 40 que ela adquiriu alguma importância econômica merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS: área cultivada de 640 ha, produção de 450 toneladas de grãos e rendimento de 700 kg ha<sup>-1</sup>. Neste mesmo ano se instalou a primeira indústria processadora de soja no País

no município de Santa Rosa, Rio Grande do Sul e em 1949 com produção de 25.000 toneladas de grãos, o Brasil figurou pela primeira vez como produtor de soja na estatística internacional (EMBRAPA, 2004).

Segundo EMBRAPA (2004), na década de 1960 no Brasil a produção de soja passou de 206 mil toneladas, em 1960, para 1,056 milhão de toneladas, em 1969, sendo que 98% desse volume era produzido nos três estados da Região Sul, onde prevaleceu a dobradinha, trigo no inverno e soja no verão. Em 2003 o Brasil surge como o segundo maior produtor de soja do mundo, responsável por 26,8% de toda a produção mundial, colhendo o total de 52 milhões de toneladas desses grãos.

Ainda segundo EMBRAPA (2004), o plantio da soja é feita através de sementes; o número de plantas por hectare pode variar de acordo com o clima, solo e variedade de soja, mas a orientação é que a população seja de 300 a 400 mil plantas por hectare; a prática mais comum é uma população em torno de 320 mil plantas por hectare; os nutrientes necessários em maior quantidade para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja, foram quantificados pela EMBRAPA (2004) com base na reposição e as necessidades de N, P e K são 182, 37 e 70 ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), respectivamente.

Segundo Caires et al. (2001), a calagem aumenta a produção de matéria seca e a produção de grãos de soja pois aumenta a absorção de todos os macronutrientes; na constatação do autor o aumento na absorção de N, P, K e S se deve à maior extração desses nutrientes pelas hastes e vagens; a boa absorção dos macronutrientes pelas folhas, vagens e por toda a parte aérea da planta, possibilita maior absorção de Ca e Mg.

A região oeste do Estado do Paraná é grande produtor de soja e o custo de produção é alto, uma vez que, para produzir é preciso adubar.

O objetivo principal deste experimento é analisar o crescimento e a produção de soja cultivada em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluentes provenientes de biodigestão de efluentes das atividades de suinocultura e da bovinocultura leiteira almejando determinar as dosagens que resultam no melhor desempenho da cultura.

## **3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS**

### **3.2.1. Delineamento experimental**

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2x4), sendo os fatores constituídos por dois tipos de efluentes de biodigestor e quatro dosagens (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) com cinco repetições, totalizando 40 vasos e mais 32 vasos para análise de área foliar das plantas.

### **3.2.2. Semeadura da soja**

A semeadura da soja foi realizada no dia 28 de outubro de 2011, em vasos com capacidade de 50 litros preenchidos com solo. Fez-se uma pequena fenda no solo de cerca de 4 cm de profundidade, sendo depositadas três sementes e, em seguida, o solo foi repostado na sua posição inicial; após a emergência foi realizado o desbaste para manter apenas duas plantas de soja por vaso.

### **3.2.3. Variáveis de crescimento da soja**

Para verificar o crescimento da soja foram observados e medidos periodicamente:

- A altura das plantas;
- O diâmetro do caule;
- A área foliar;

#### **3.2.3.1. Altura das plantas**

A medida da altura da soja foi realizada com frequência de 15 dias, a partir da emergência até o florescimento pleno da cultura, isto é, até os 105 dias após a emergência; para a medida foi utilizada uma trena metálica (Figura 3.1 do colo até a última gema apical da planta, de acordo com a metodologia utilizada por Linzmeyer (2008) .

Figura 3.1 Instrumentos de medida (trena e paquímetro digital) utilizados para auferir a altura e o diâmetro do caule das plantas



### 3.2.3.2. Diâmetro do caule

A medida do diâmetro do caule das plantas de soja foi auferido a 5 cm do solo, conforme utilizado por Linzmeyer (2008); as medições foram feitas quinzenalmente, no total de sete coletas usando um paquímetro digital com precisão de 0,01mm.

### 3.2.3.3. Medição da área foliar da soja

Para a medida da área foliar da soja foi utilizada a metodologia da comparação de massa utilizada por Oliveira et al. (2002) em análise de crescimento de plantas. Fez-se a coleta das folhas (método destrutivo) e na sequência se retirou, com um vazador cilíndrico, o maior número possível de cilindros; as partes cilíndricas e as partes restantes foram colocadas em embalagens de papel separadas, identificadas, deixadas ao ar livre durante dois meses e levadas para secagem em estufa; a partir da massa seca das folhas estimou-se a área foliar, conforme a equação 3.2.

$$Af = \frac{MSf \cdot Ad}{MSd} \quad (3.2)$$

em que

(MSf) = massa seca total de todas as folhas (g);

(Ad) = área total dos discos;

**MSd** = matéria seca dos discos (g).

### 3.2.4. Variáveis de rendimento da cultura

O rendimento da cultura da soja foi avaliado quanto ao número total de grãos por planta e massa seca dos grãos; aos 110 dias após a emergência foram colhidas todas as vagens, fez-se a contagem das sementes por planta e, em seguida, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel para secagem natural numa sala específica para esta finalidade, durante um mês; depois de secadas naturalmente, as sementes foram colocadas em uma estufa com circulação forçada a 105<sup>0</sup>C até constatado massa constante; a balança analítica utilizada para aferição da massa da matéria seca tem precisão  $\varepsilon \leq 0,0001$ .

### 3.2.5. Taxa de Crescimento Relativo

Foram feitas estimativas de crescimento relativo para a altura e para o diâmetro do caule da soja, em função do tempo, conforme equação (3.1), adaptada de Silva, (2012), além de um estudo de regressão para estimar a TCR.

$$TCR = = (\ln w_2 - \ln w_1) / (T_2 - T_1) \quad (3.1)$$

em que

TCR = Taxa de crescimento relativo;

$W_1$  e  $W_2$  = Altura ou diâmetro caulinar inicial e final do intervalo de tempo;

$T_1$  e  $T_2$  = Início e final do intervalo de tempo (variável independente).

### 3.2.6. Metodologia para tratamento dos dados obtidos durante o experimento

Os resultados das amostras analisadas em laboratório e os dados obtidos do crescimento e da produção de massa matéria seca das plantas, foram

tabulados no programa Excel versão 2003, para posterior importação dos dados visando à análise de variância pelo software SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2010) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%; para obtenção das curvas de resposta foi utilizado o procedimento da análise de regressão.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3. 1. Altura da soja

Para analisar as influências do tipo e as dosagens de efluente de biodigestor na cultura da soja foi feito um acompanhamento durante 105 DAE. De acordo com Cruz et al. (2010), analisando as fases de crescimento de cinco espécies de soja no ano de 2006 obteve como resultados: início da floração = 49 DAE; final da floração = 59 DAE; início do enchimento de grãos = 79 DAE; maturação fisiológica = 102 DAE; início do desfolhamento = 110 DAE.

Os resumos da análise de variância correspondentes aos resultados do crescimento em altura da soja, são apresentados na Tabela 3.1

Tabela 3.1: Resumo das análises de variância referente aos dados da altura da soja (cm) desde a germinação até 105 dias

FV	GL	Quadrado médio – Altura da soja (cm) por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Efluente	1	6,40*	0,90 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	48,40 <sup>ns</sup>	72,90 <sup>ns</sup>	260,10 <sup>ns</sup>	189,22 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	6,87**	6,77*	38,16*	155,10**	417,23**	540,03**	588,22**
Efluente*dosagem	3	2,73*	0,37 <sup>ns</sup>	13,76 <sup>ns</sup>	74,20*	140,57*	242,17 <sup>ns</sup>	184,82 <sup>ns</sup>
Blocos	4	0,77	2,87	10,22	21,66	29,35	258,59	257,19
Resíduos	220	0,90	1,99	10,68	23,10	36,58	103,29	105,33
C.V. (%)		15,58	6,80	11,34	10,13	10,07	15,09	15,12

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Pode-se observar, na Tabela 3.1, que o fator efluente aplicado não influenciou na altura das plantas, com exceção da análise realizada aos 15 dias após a emergência. Quanto às dosagens de efluentes aplicadas no solo, constatou-se influência significativa em todos os intervalos de tempo analisados.

Em relação à interação observa-se influência significativa desta fonte de variação aos 15, 60 e 75 dias após a emergência das plantas.

### 3.3.1.1. Altura das plantas no desdobramento dos tipos de efluente nas dosagens de efluente de biodigestor

Para verificar se os efluentes deram respostas diferentes na altura da soja aplicando-se várias dosagens e efluente no solo, foi feito o desdobramento entre dosagens para cada tipo de efluente e os resultados estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente

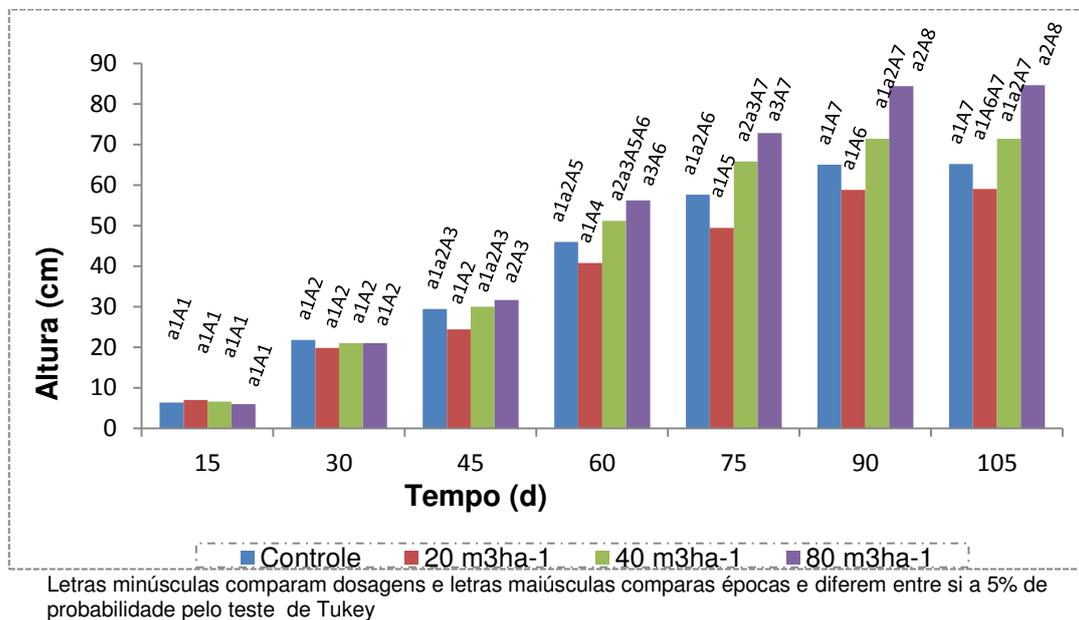
FV	GL	Quadrado médio – Altura da soja (cm) por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Dosagem/Suíno	3	8,73**	3,73 <sup>ns</sup>	3,60 <sup>ns</sup>	9,12 <sup>ns</sup>	44,87 <sup>ns</sup>	182,67 <sup>ns</sup>	174,47 <sup>ns</sup>
Dosagem/Bovino	3	0,87 <sup>ns</sup>	3,40*	48,32**	220,18**	512,93**	599,53**	598,58**

Pode-se verificar, na Tabela 3.2, que na fertilização com efluente suíno a dosagem influenciou aos 15 dias após emergência (DAE); já se usando efluente bovino, observa-se influência em todos os períodos observados com exceção aos 15 DAE.

Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo et al. (2011), que realizaram um experimento no qual compararam a produção de biomassa de quatro espécies de forrageiras em três solos, na região semiárida da Paraíba – PB, cultivadas sem e com adubação orgânica (20 toneladas de esterco bovino); os resultados indicaram grande incremento na produção de biomassa.

Analisando a Figura 3.2 pode-se observar que o uso de efluente bovino não influenciou no crescimento da altura da soja aos 45 DAE; a partir dos 60 DAE as plantas que receberam dosagens de 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> cresceram mais do que as plantas que receberam dosagens de zero e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente bovino.

Figura 3.2. Altura da soja cultivada em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluente bovino



Peluzio et al. (2010), realizaram um experimento com 16 cultivares de soja sob adubação química para verificar o comportamento do crescimento em duas regiões no Estado de Tocantins; os resultados apontaram que o fator local influencia significativamente na altura da soja; esses autores realizaram seu experimento nos municípios de Palmas e Gurupi e as alturas médias, ao final do ciclo de crescimento, foram de 58,4 e 61 cm, respectivamente.

Comparando a altura média para diferentes variedades de soja encontrada por Peluzio et al. (2010), com os resultados apresentados neste estudo, pode-se afirmar que as alturas médias de soja para todas as dosagens de efluente são, no final do ciclo, semelhantes às encontradas neste estudo, Figura 3.2.

Com base nesta comparação pode-se afirmar que os diferentes tratamentos de efluentes não resultaram em crescimentos exagerados em comparação com a testemunha e com os tratados quimicamente, por Peluzio et al. (2010).

### 3.3.1.2. Taxa de crescimento relativo da altura da soja

A TCR (taxa de crescimento relativo) foi outra forma usada para se avaliar o crescimento das plantas de soja em diferentes tratamentos; foi calculada a taxa

de crescimento relativo quinzenal da altura da planta e os resultados estão nas Figuras 3.3a e 3.3b.

Figura 3.3. Taxa de crescimento relativo da altura do cultivar soja, fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira

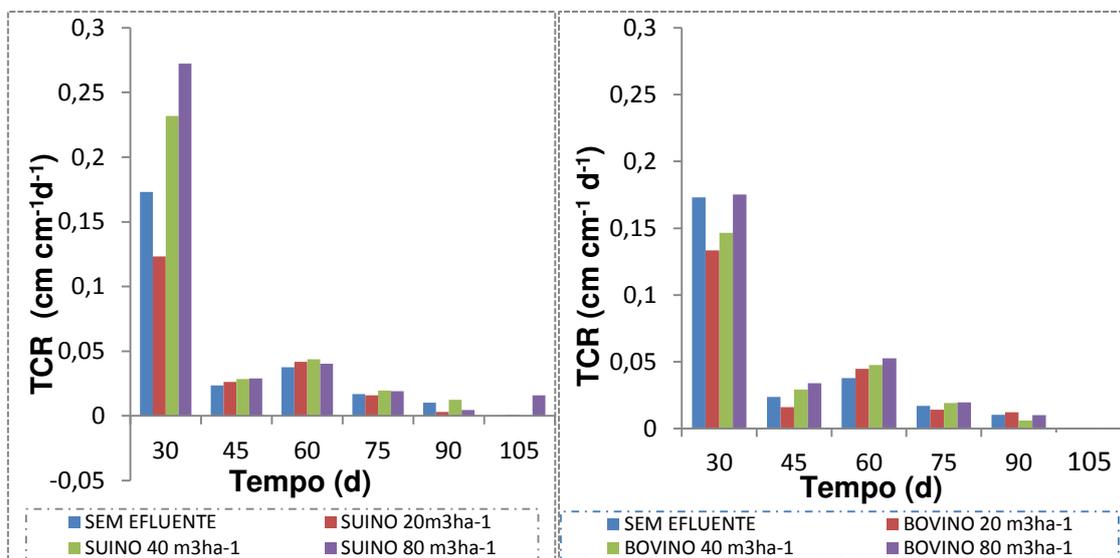


Figura 3.3a: Efluente suíno

Figura 3.3b: Efluente bovino

Na Figura 3.3a e 3.3b se constata que o comportamento das curvas tem a mesma tendência; observa-se, também, que as maiores TCRs ocorreram aos 30 dias após a emergência de modo que as plantas que receberam maiores dosagens de efluente tiveram maior TCR; ainda aos 30 dias da emergência pode-se observar que a soja tratada com dosagens de 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente suíno teve TCR maior que as plantas com dosagem zero; dos 30 dias aos 45 dias ocorreu uma brusca redução na TCR em todos os tratamentos e para os dois tipos de efluentes, de modo que nos 45 dias as TCR foram praticamente iguais. Portanto, as plantas com as maiores dosagens tiveram maior redução da TCR nesses 15 dias de crescimento; dos 45 aos 60 dias verifica-se uma estimativa de acréscimo diário na TCR em todos os tratamentos e a partir dos 60 dias uma redução gradativa na TCR chegando aos 105 dias após a emergência, com TCR praticamente nula.

### 3.3.2. Diâmetro do caule da soja

Na Tabela 3.3 são apresentados os resultados do resumo das análises de variância do diâmetro do caule da soja, em função do tempo, que é quinzenal.

Tabela 3.3. Resumo das análises de variância referente aos dados diâmetro do caule da soja (cm) desde a germinação até 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

FV	G L	Quadrado médio – Diâmetro do caule da soja (cm), por tempo (DAE).						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Efluente	1	0,02 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	0,09 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	3,76*	4,29 <sup>ns</sup>
EfluentexDosagem	3	0,16 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	4,02*	2,49 <sup>ns</sup>
Blocos	4	0,04	0,06	0,02	0,10	0,59	3,27	2,47
Resíduos	28	0,07	0,10	0,02	0,66	1,16	1,30	1,53
C.V. (%)		12,39	11,29	5,23	20,52	20,90	15,80	16,67
Média		2,07	2,87	3,02	3,95	5,15	7,22	7,42
N <sup>o</sup> de observações		40	40	40	40	40	40	40

\*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste de Tukey

Na análise da Tabela 3.3 pode-se observar que o tipo de efluente não influenciou significativamente no crescimento do diâmetro do caule, em todo período de tempo de observação; as dosagens de efluente também não tiveram influência, com exceção aos 90 dias; na interação efluente com dosagem também se percebe que houve influência apenas aos 90 dias após a emergência das plantas.

#### 3.3.2.1. Diâmetro caulinar da soja no desdobramento dos tipos de efluente nas diferentes dosagens

Para verificar se os efluentes deram respostas diferentes no crescimento do diâmetro caulinar da soja aplicando-se várias dosagens e efluente no solo, fez-se o desdobramento entre dosagens para cada tipo de efluente, cujos resultados estão na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Resumo da análise de variância do crescimento do diâmetro caulinar da soja no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente

FV	GL	Quadrado médio – Diâmetro do caule da soja (cm), por tempo (DAE).						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Dosagem/ Suíno	3	0,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	3,65 <sup>ns</sup>	4,45 <sup>ns</sup>
Dosagem/Bovino	3	0,05 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	4,13*	2,33 <sup>ns</sup>

\*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste de Tukey

Observa-se na Tabela 3.4, que no desdobramento das dosagens para os dois tipos de efluentes houve influência significativa apenas da dosagem, nos 90 dias após a emergência.

### 3.3.2.2. Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar da soja

Outra forma de se investigar como as dosagens de efluente influenciaram no crescimento do caule da soja foi calcular a TCR (taxa de crescimento relativo) quinzenal do diâmetro do caule do cultivar para cada tipo de efluente; os resultados estão na figura 3.4a e 3.4b.

Figura 3.4. Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do cultivar soja, fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira

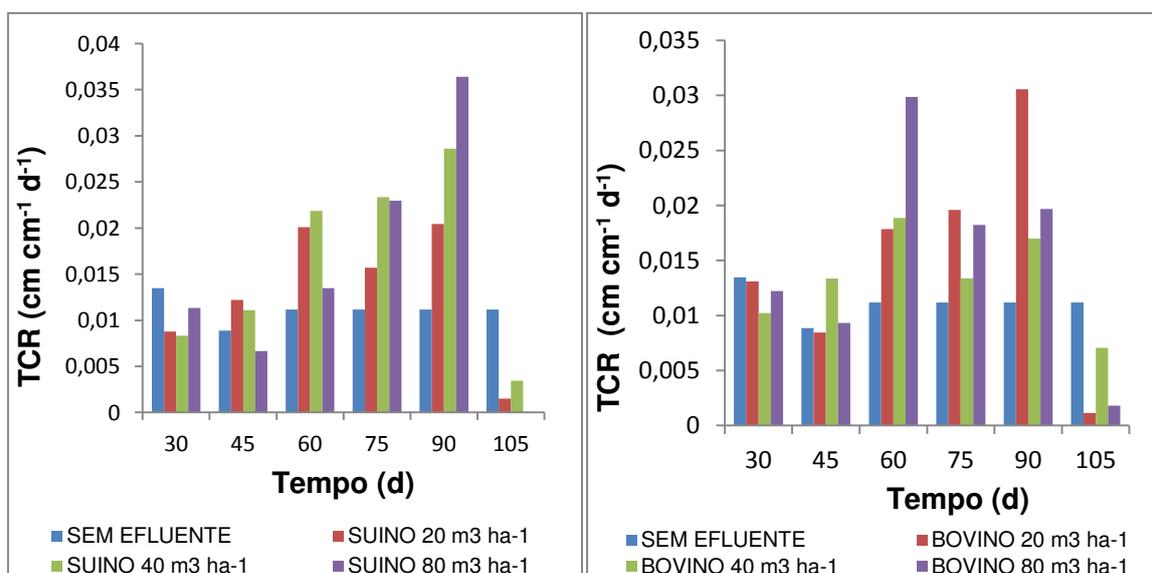


Figura 3.4a: Efluente suíno

Figura 3.4b: Efluente bovino

Observando as Figuras 3.4a e 3.4b verifica-se que o comportamento das TCR do caule da soja foi diferente para as várias dosagens nos dois tipos de efluentes. Pode-se observar que as plantas que não receberam efluente têm uma TCR praticamente constante ao longo do ciclo da cultura; a partir dos 90 dias após a emergência a TCR teve uma redução brusca em todos os tratamentos, com exceção do tratamento com dosagem zero.

A dosagem de  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno teve uma TCR do diâmetro caulinar um pouco acima do tratamento com dosagem zero em praticamente todo o período de observação porém foi oscilante, ou seja, nos primeiros 60 dias a TCR foi crescente, dos 60 aos 90 dias reduziu, dos 75 aos 90 dias a TCR voltou a aumentar. Em se tratando de efluente bovino para a mesma dosagem, é possível observar que a TCR também se manteve acima das plantas com dosagem zero, porém, dos 75 aos 90 dias a TCR foi superior a todos os demais tratamentos.

A dosagem  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno proporcionaram uma TCR das plantas ascendente até os 90 dias após a emergência, sendo superior ao tratamento com dosagem  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  dos 60 aos 90 dias; na mesma dosagem com efluente bovino a TCR oscilou nos 90 primeiros dias da planta, ou seja, dos 30 aos 60 dias após a emergência a taxa aumentou, dos 60 aos 75 dias diminuiu e voltou a aumentar dos 75 aos 90 dias, após a emergência.

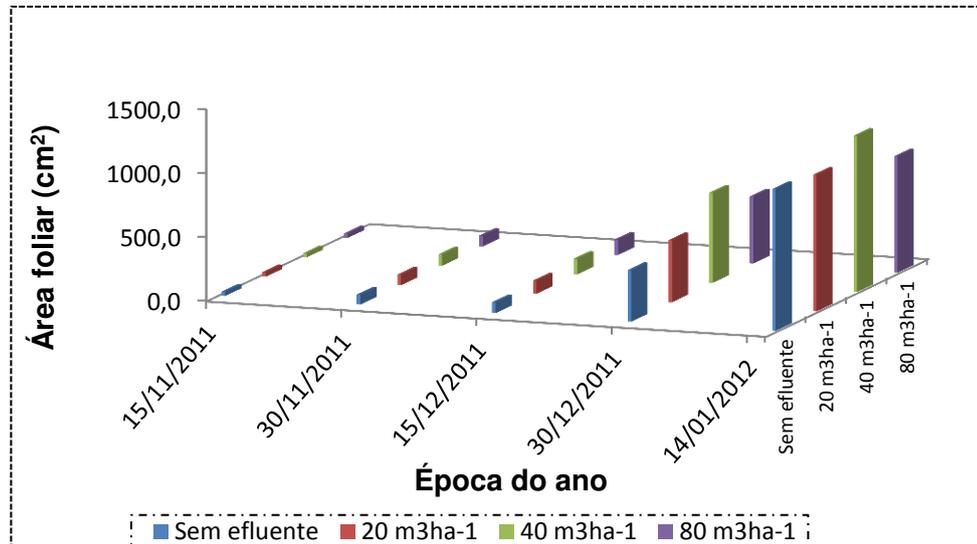
Com dosagem de  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno pode-se constatar na Figura 3.4a, que dos 30 aos 45 dias após a emergência a TCR sofreu redução e que dos 45 aos 90 dias, foi ascendente, sendo superior à dos demais tratamentos, dos 75 aos 90 dias. A mesma dosagem com efluente bovino pode constatar na Figura 3.4b, dos 30 aos 45 dias, uma redução da TCR, mas dos 45 aos 60 dias foi a dosagem que proporcionou a maior variação ascendente; dos 60 aos 75 dias a redução foi brusca mas se manteve acima das TCR das plantas com tratamentos zero e  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

### **3.3.3. Área foliar da soja**

A área foliar das plantas é muito importante haja vista que as folhas são responsáveis pela captação e transformação da energia luminosa e biomassa. Nas folhas é que se encontram reservas significativas de nutrientes, necessárias para o enchimento dos grãos (VIVICELLI et al., 2011).

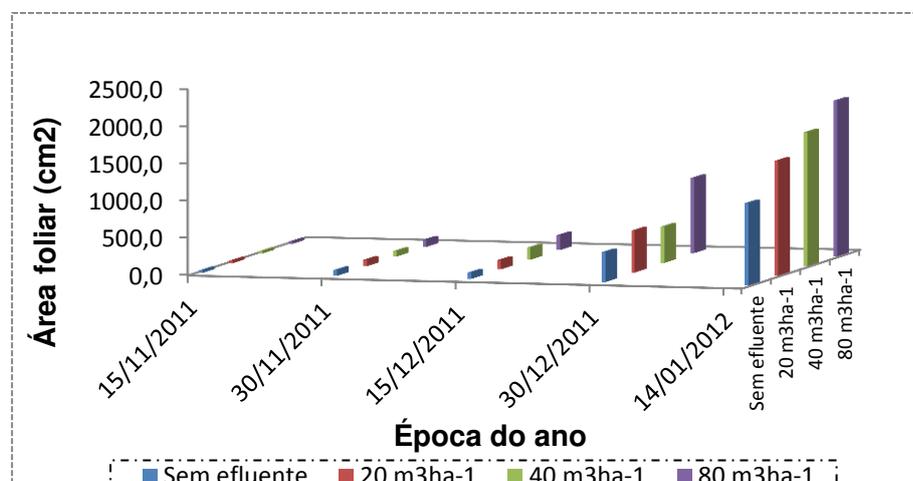
As Figuras 3.5 e 3.6 mostram a variação da área foliar da soja ao longo do período de avaliação das plantas.

Figura 3.5: Área foliar de uma planta de soja por tempo em solo fertilizados com diferentes dosagens de efluente suíno



Pode-se verificar, na Figura 3.5, que nos primeiros 30 dias após a emergência as diferentes dosagens de efluente suíno não alteraram entre si as áreas foliares da soja; dos 45 dias até os 105 dias de observação do crescimento da área foliar a dosagem de efluente suíno que fez desenvolver mais a área foliar foi a de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Figura 3.6: Área foliar da soja por tempo em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluente bovino



Nos tratamentos com efluente bovino a área foliar aumentou de acordo com o aumento da dosagem de efluente (Figura 3.6).

Comparando as Figuras 3.5 e 3.6, observa-se que a área foliar da soja com fertilização de efluente bovino foi superior que a área foliar da soja cultivada com efluente suíno; a diferença média de crescimento da área foliar com os dois tipos de efluente é de 64%.

### 3.3.3.1. TCR da área foliar da soja

Para verificar o comportamento do desenvolvimento da área foliar ao longo do período de observação, foi calculada a TCR da área foliar da soja para todos os intervalos de observação; as Figuras 3.7a e 3.7b mostram os resultados desses cálculos.

Figura 3.7. TCR da área foliar da soja observada pelo período de 75 dias

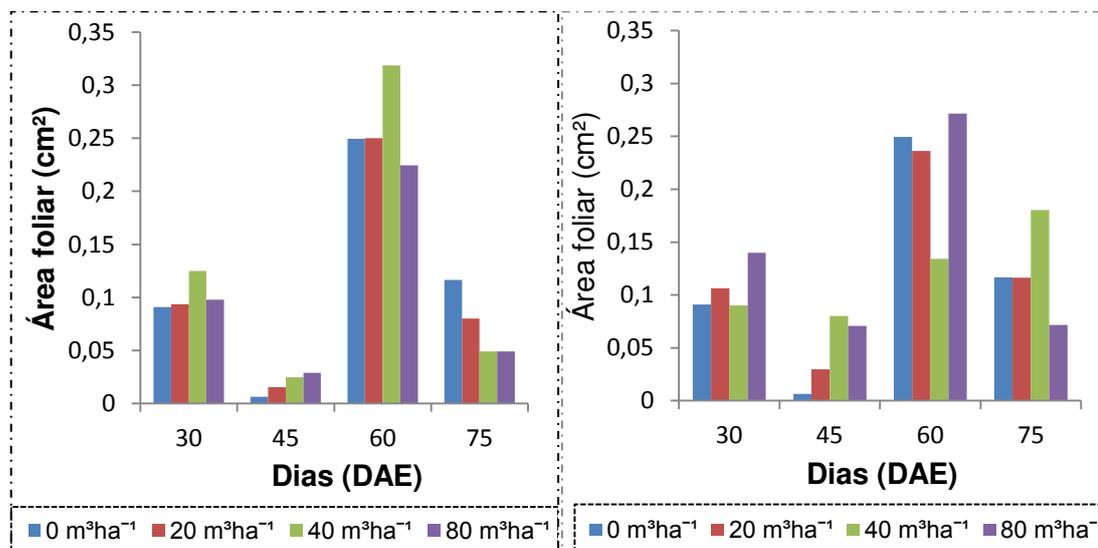


Figura 3.7a: Efluente suíno

Figura 3.7b: Efluente bovino

Observando as Figuras 3.7a e 3.7b, o comportamento das TCR da área foliar da soja foi diferente para as diversas dosagens nos dois tipos de efluentes, porém se pode observar que os comportamentos das curvas têm a mesma tendência, com exceção da dosagem de 40 m³ ha⁻¹ de efluente bovino que, teve uma TCR mais constante. Constata-se também, que a partir dos 60 dias após a emergência a TCR das plantas reduziu bruscamente, com exceção das plantas

tratadas com  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente bovino, que continuaram aumentando; dos 30 aos 45 dia (DAE) as TCR de todas as plantas diminuíram em função, sem dúvida, da falta de água, ressaltando-se a ocorrência de grande falta de chuva, durante a fase de crescimento das plantas; dos 45 aos 60 dias (DAE) todas as plantas tiveram uma TCR ligeiramente ascendente, de tal modo que a maior TCR foi aos 60 dias (DAE); a maior TCR das plantas tratadas com efluente suíno ocorreu na dosagem de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em praticamente todo o período de tempo observado. Já com efluente bovino a maior TCR diário da área foliar da soja ocorreu com a dosagem de  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  dos 30 aos 60 dias (DAE), resultado que mostra, para os tratamentos feitos, que a maior TCR da área foliar da soja ocorreu com a dosagem de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente suíno e com  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente bovino.

### 3.3.4. Análise da produção de sementes de soja

#### 3.3.4.1. Número de grãos por planta

Para verificar se houve alguma influência no desenvolvimento do número de grãos por planta de soja ao se fertilizar o solo com diferentes tipos de resíduos (suíno e bovino) e com a aplicação de diferentes taxas desses dois tipos de resíduos, foi feita uma análise de variância avaliando-se dois tipos de resíduos para a fertilização do solo e quatro taxas de aplicação desses resíduos; o resumo desta análise de variância está na Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Resumo das análises de variância referente aos dados do número de grãos de soja por planta

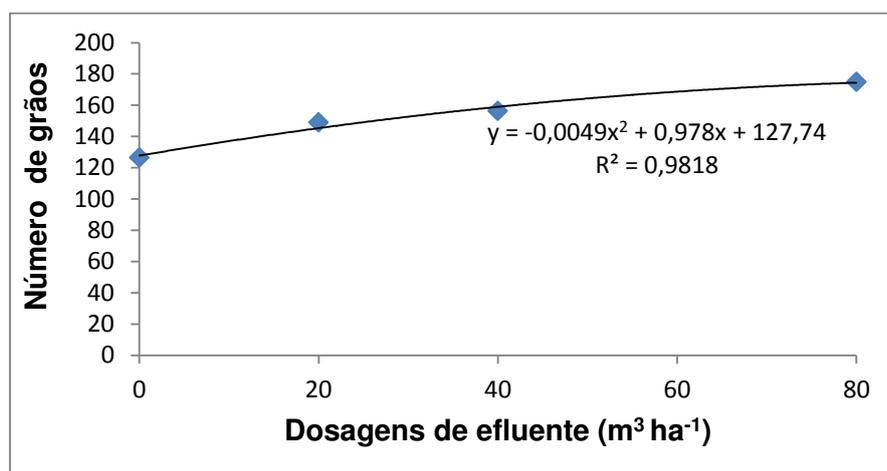
FV	GL	Quadrado Médio – Número de grãos de soja por planta
Efluente	1	2030,62 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	4024,36*
EfluentexDosagem	3	516,82 <sup>ns</sup>
Blocos	4	2407,00
Resíduos	28	1428,11
CV (%)		24,92
Média geral		151,62
Número de observações		40

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

De acordo com a ANOVA (Tabela 3.5), o tipo de efluente não influenciou significativamente no desenvolvimento do número de grãos por planta enquanto as dosagens de efluente influenciaram significativamente na formação do número de grãos por planta de soja. Para a formação do número de grãos de soja por planta os tipos de efluente são equivalentes no fornecimento de nutrientes para a soja.

Foi feita uma regressão para estimar a dosagem de efluente que se ajusta à maior formação do número de grão por planta; o resultado se encontra na Figura 3.8.

Figura 3.8. Número de grãos por planta de soja em solo biofertilizado com diferentes dosagens de efluentes



De acordo com a equação de regressão (Figura 3.8), estima-se a formação do maior número de grãos por planta na dosagem de 99,8 m³ ha⁻¹.

### 3.3.4.2. Massa seca de grãos por planta de soja

Foi feita uma análise de variância para investigar se os dois tipos de efluentes e as diferentes dosagens de efluente aplicadas no solo como fertilizante, influenciam no desenvolvimento da massa seca de grãos de soja; o resumo desta análise de variância está na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Resumo das análises de variância referente à massa matéria seca dos grãos de soja

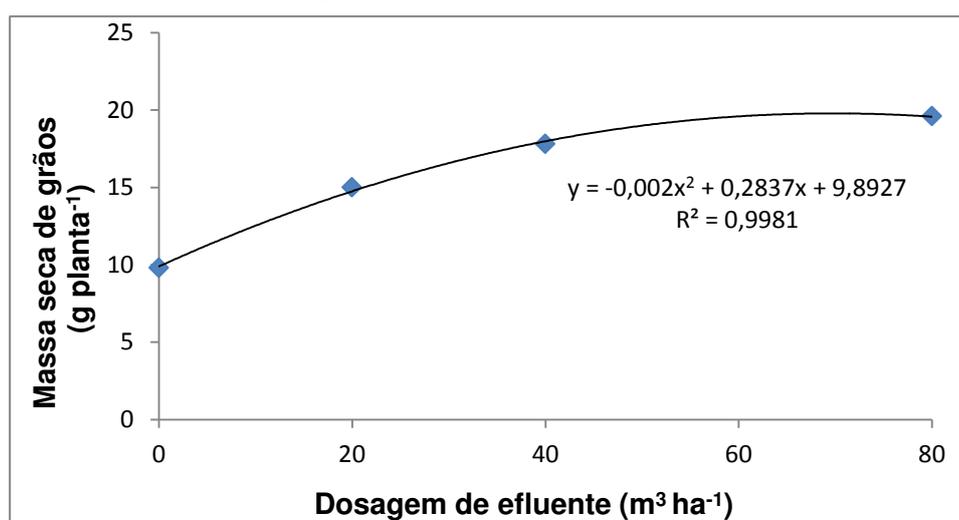
FV	GL	Quadrado Médio – Massa matéria seca de grãos de soja por planta
Efluente	1	22,50 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	182,77**
Efluente x Dosagem	3	8,10 <sup>ns</sup>
Blocos	4	35,04
Resíduos	28	17,67
CV (%)		27,03
Média geral		15,55
Número de observações		40

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Com base na análise de variância (Tabela 3.6), pode-se constatar que o tipo de efluente não influenciou significativamente na produção da massa seca de grãos de soja porém a dosagem de efluente exerceu influência significativa na produção de massa seca de grãos de soja; a interação efluente e dosagem não teve influência significativa na variação da massa seca das sementes de soja.

Fez-se uma regressão para estimar a dosagem de efluente e a produção de massa seca de grãos de soja por planta; O resultado está na Figura 3.9.

Figura 3.9. Massa seca por planta de soja em função do solo biofertilizado com diferentes dosagens de efluentes



De acordo com a equação de regressão (Figura 3.9) a máxima produção

de massa seca de grãos de soja por planta foi obtida com a dosagem seria de  $70,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Konzen & Alvarenga (2005) publicaram um estudo de produção de milho e soja em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, em Rio Verde – GO, utilizando diferentes dosagens de dejetos líquidos de suínos, aplicaram dosagens de até  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para milho e obtiveram crescimento na produtividade na medida em que a dosagem aumentou; para a produção de soja os autores obtiveram a maior produtividade no tratamento de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  porém sem grande variação de produtividade com a aplicação de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  superando, nos dois casos, a produção com tratamento químico convencional. Esses resultados corroboram com os resultados da pesquisa.

Konzen (2003), constatou, aplicando esterco líquido de suínos para a produção de soja, um aumento de 30% na produtividade cultivado em solos do Cerrado com baixa fertilidade; já Pauletti et al. (2008), não observaram, utilizando a mesma adubação orgânica em um solo Latossolo Bruno Distrófico tipo A, textura argilosa, grande alteração na produtividade da soja mas constataram aumento na produtividade de feijão utilizando dejetos de suínos como adubação.

Souza et al. (2009), constataram, utilizando doses de lodo de esgoto da CAESB (base seca) e fertilizante mineral em Latossolo Vermelho do cerrado no município de Planaltina – DF, para a produção de soja, que a dosagem influenciou significativamente na produtividade da soja e concluíram também, que os tratamentos que tiveram maiores dosagens de lodo de esgoto (3, 4,5 e 6 toneladas por hectare) apresentaram produtividade maior que a produção da soja tratada com fertilizante químico (NPK).

Lemainski & Silva (2006), utilizaram biossólido úmido (resíduo de tratamento de esgoto) nas doses de 0, 7,5, 15, 30 e  $45 \text{ t ha}^{-1}$  e compararam a produtividade com o tratamento mineral à base de NPK em Latossolo Vermelho distrófico argiloso; os resultados indicam que a dosagem influenciou significativamente e que os resultados mostram a viabilidade agrônômica e econômica do uso do biossólido em substituição ao fertilizante mineral, na produção de soja; a dose de 30 e  $45 \text{ t ha}^{-1}$  foi a que deu melhores respostas e recomendam a dosagem de  $30 \text{ t ha}^{-1}$  de biossólido úmido.

### 3.4. CONCLUSÕES

Analisando altura, diâmetro caulinar, área foliar, número e massa seca de grãos de soja por planta, pode-se observar que o tipo de efluente influenciou na área foliar da soja, de tal forma que a área foliar foi 64% maior com efluente bovino em relação aos tratamentos com efluente suíno.

Entre os tratamentos realizados a dosagem de efluente suíno que mais desenvolveu a área foliar foi de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  enquanto nos tratamentos com efluente bovino a área foliar aumentou de acordo com o aumento da dosagem de efluente.

O tipo de efluente não influenciou significativamente no desenvolvimento do número de grãos por planta de soja nem na produção de massa matéria seca de grãos.

A dosagem de  $93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  proporcionou o maior número de grãos por planta de soja fertilizando o solo com efluente suíno.

As dosagens para cada tipo de efluente aplicadas no solo foi significativa para a produção da massa matéria seca de grãos de soja.

A estimativa de dosagem de efluente da suinocultura que proporcionou maior produção de massa matéria seca de grãos de soja, foi de  $67,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para produzir 18,6 g de soja por planta e que corresponde a um aumento de 89,8% em relação à dosagem zero.

A estimativa de dosagem de efluente da bovinocultura leiteira que produziu maior quantidade de massa matéria seca de grãos foi de  $70,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  produzindo 20,82 g de soja por planta e que corresponde a um aumento de 112,5% em relação à dosagem zero.

A dosagem aproximada de  $70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente da suinocultura ou da bovinocultura leiteira, é ideal para uma boa área foliar, o número de grãos próximo da estimativa máxima e estimativa de produtividade de massa matéria seca máxima.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, E.R.; SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C.;FRAGA,V. da S.; SAMPAIO, E.V. de S.B. **Biomassa e nutrição mineral de forrageiras cultivadas em solos do semiárido adubados com esterco.** Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.15 n.9, 2011.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. **Crescimento Radicular e Nutrição da Soja Cultivada no Sistema Plantio Direto em resposta ao calcário e gesso na superfície.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2001.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; COELHO, E.F.; CALDAS, R.C.; ALMEIDA, A.Q. de; QUEIROZ, J.R.de. **Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo.** Bragantia, v. 65, n. 2, p. 275-284, 2006.

CRUZ, T.V. da; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M.C. **Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da bahia.** Scientia Agrária, v. 11, n. 1 p. 33-42, 2010.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil, 2004** disponível in [www.embrapa.br/producaosoja/sojanobrasil](http://www.embrapa.br/producaosoja/sojanobrasil), acesso em 18/01/2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG; UFLA, 2010.

KONZEN, E.A.; ALVARENGA, R. C. **Manejo e Utilização de Dejetos Animais: aspectos agronômicos e ambientais.** EMBRAPA, Circular técnica 63, 2005.

KONZEN E.A. **Fertilização de Lavoura e Pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, (Circular técnica 31), 2003.

KUNZ A. **Impactos sobre disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficial e subterrânea**. In. Simpósio Nacional sobre Uso da Água na Agricultura, 2, 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: UPF, p. 1-6, 2006.

LEMAINSKI, J. & SILVA, J.E. **Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja**. EMBRAPA, Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.10, p.1477-1484, 2006.

LINZMEYER J, R.; GUIMARAENS, A.F.; SANTOS, D.; BENCKE, H. **Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja**. Acta Sci. Agronômica, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

OLIVEIRA, L.E.M.; MESQUITA, A.C.; FREITAS, R.B. **Análise de Crescimento das Plantas** [WWW.dbi.ufla.br/Fvegetal/Analise](http://WWW.dbi.ufla.br/Fvegetal/Analise), 2002.

PAULETTI,V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; SANTOS, I. R. dos. **Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral**. Ciência Agrária, v.9, n. 2, p. 199 – 205, 2008.

PELUZIO, J.M.; MONTEIRO, F.J.; BARBOSA, V.S.; LOPES, L.A.; AFÉRRRI, F.S.; MELO, A.V.; FIDÉLIS, R.R. **Desempenho de cultivares de soja na região centro-sul do estado do tocantins – safra 2007/08**. Biosci. J., v. 26, n. 5, p. 675-682, 2010.

SILVA, J.C.A. **Crescimento e produção de genótipos de gergelim (Sesamum indicum L.) em função de lâminas de irrigação**. Tese (doutorado em

Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

SOUZA, C.A.; REIS J., F.B.; MENDES, I.C.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. **Efeitos do uso de lodo de esgoto na nodulação da soja e em atributos biológicos do solo**. EMBRAPA, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, n. 250, 2009.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. **Study of metal distribution in raw end screened swine manure**. CLEAN – Soil, Air, Water. v.37. p.239-244, 2009.

## **CAPÍTULO 4**

Análise de crescimento e produção de milho cultivado em solo biofertilizado com diferentes efluentes

---

## RESUMO

Os dejetos das atividades da pecuária vêm sendo amplamente utilizado para fertilização do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dosagem de efluente de biodigestor oriundo das atividades de suinocultura e de bovinocultura leiteira no cultivo do milho, analisando o crescimento em altura, diâmetro caulinar, área foliar, número de grãos e massa de matéria seca de grãos por planta. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Medianeira – Paraná, utilizando vasos com capacidade de 60 litros, preenchidos com Latossolo Vermelho Distrófico Típico. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, no esquema de fatorial (2x4), dois tipos de efluentes (suinocultura e bovinocultura leiteira) e quatro dosagens de efluentes (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições. O tipo de efluente não influenciou a altura e o diâmetro caulinar das plantas de milho, mas afetou a sua área foliar, número de grãos por planta e matéria de massa seca. As dosagens dos efluentes influenciaram significativamente a altura das plantas de milho nos primeiros 30 dias após a emergência e na área foliar em todo o período de crescimento do milho. Os tratamentos com efluente da bovinocultura leiteira influenciaram no diâmetro caulinar do milho, sobretudo aos 60 dias após a emergência e também na formação do número de grãos e massa de grãos por planta de milho.

**Palavras-chave:** dejetos, fertilização do solo, crescimento e produtividade.

## ABSTRACT

The manure of cattle raising activities have been widely used for soil fertilization. The aim of this study was to evaluate the dosage of biodigester effluent arising from activities of swine and dairy cattle in corn farming, examining the growth in height, stem diameter, leaf area, grain number and dry weight of grain per plant . The experiment was conducted on a farm in the Medianeira city – Paraná State, using pots with a capacity of 60 liters, filled out with soil Typical Oxisol. The statistical design used was a randomized block design in a factorial scheme (2x4), two types of effluents (swine and dairy cattle) and four doses of effluent (0, 20, 40 and 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), with five repetitions. The type of effluent did not affect the height and stem diameter of maize plants, but affected their leaf area, number of grains per plant and dry matter mass. Dosages of the effluent significantly modify the height of corn plants in the first 30 days after emergence and leaf area throughout the growth period of corn. Treatments with effluent from dairy cattle influenced in stem diameter of maize, especially at 60 days after emergence and also in the formation of grain number and grain weight per plant corn.

**Keywords:** waste, soil fertilization, growth and productivity.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A região oeste do Estado do Paraná tem sua economia baseada na pecuária, agricultura e comércio. A suinocultura e a bovinocultura leiteira tem uma importância econômica significativa. Além da geração de renda, os animais produzem grandes quantidades de dejetos e que estão se tornando um problema para o produtor uma vez que os dejetos não podem ser lançados no ambiente sem tratamento e de forma equilibrada. Os dejetos tem grandes concentrações de nutrientes que podem reduzir os custos de produção agrícola se forem devidamente tratados e aplicados criteriosamente no solo como biofertilizante.

Conforme Steinmetz et al. (2009), a atividade de confinamento de grande número de animais é uma atividade de grande potencial poluidor por gerar grandes quantidades de dejetos com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados (ex. Cu e Zn). A concentração desses poluentes varia de acordo com os tratamentos e, se tratados inadequadamente, podem ocasionar problemas ambientais (KUNZ, 2006). A prática comumente adotada pela suinocultura brasileira tem sido a armazenagem desses resíduos em lagoas ou tanques e sua posterior aplicação como fertilizante vegetal e condicionador do solo (VIVAN et al. 2010).

O **milho** (*Zea mays*), também chamado **abati**, **auati** e **avati**, é um cereal conhecido, cultivado em grande parte do mundo. Pertence ao grupo das angiospermas, ou seja, produz as sementes no fruto. A planta do milho pode atingir uma altura de até 2,5 metros, embora haja variedades bem mais baixas. O caule tem aparência de bambu, suas folhas são estreitas e compridas chegando facilmente a medir mais de um metro de comprimento. A fixação da raiz é relativamente fraca embora seu comprimento pode ultrapassar os dois metros. A espiga é cilíndrica e costuma nascer na metade da altura da planta.

O milho é, a mais importante planta comercial com origem nas Américas. Há indicações de que sua origem tenha sido no México, na América Central ou no Sudoeste dos Estados Unidos. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, através de escavações arqueológicas e geológicas, e por meio de medições por desintegração radioativa, de que é cultivada há pelo menos 5.000 anos. Logo depois do descobrimento da América o milho foi levado para a

Europa, onde era cultivado em jardins até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e se espalhou desde a latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina) (GODOY, 2002; JUGENHEIMER, 1990 apud DUARTE, 2000).

As plantas de milho são exigentes em nutrientes para alcançar bom desenvolvimento e elevada produtividade. Segundo SÁ et al. (2010), de maneira geral, as extrações de N, P, K, Ca e Mg aumentam com o acréscimo da produtividade e o N é o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido do K, P, Ca e Mg.

Os nutrientes necessários em maior quantidade para o crescimento, desenvolvimento e produtividade do milho foram quantificados com base na reposição pela EMBRAPA, (2004) afirmando que a quantidade de N, P K ( $\text{kg ha}^{-1}$  ano<sup>-1</sup>) é 67,5; 105,18 e 30, respectivamente.

Com este experimento pretende-se analisar o crescimento e a produção de milho cultivado em solo fertilizado com diferentes dosagens de efluentes provenientes de biodigestão da suinocultura e da bovinocultura leiteira almejando determinar o tipo de efluente e as dosagens que resultam no melhor desempenho de crescimento e produtividade da cultura de milho.

## **4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS**

### **4.2.1. Delineamento experimental**

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2x4)x5, sendo os fatores constituídos por dois tipos de efluentes de biodigestor e quatro dosagens (0, 20, 40 e 80  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) com cinco repetições, totalizando 40 vasos.

### **4.2.2. Semeadura do milho**

A semeadura do milho foi realizada no dia 28 de outubro de 2011, em vasos com capacidade de 60 litros preenchidos com solo. Fez-se uma pequena fenda no solo, de cerca de 4 cm de profundidade, na qual foram depositadas duas sementes e, em seguida, o solo foi repostado na sua posição inicial; após a

emergência foi realizado o desbaste para manter apenas uma planta de milho por vaso.

#### **4.2.3. Variáveis de crescimento do milho**

Para verificar o crescimento do milho foram observados e medidos, periodicamente:

- O crescimento vertical das plantas;
- O diâmetro do caule;
- A área foliar;

##### **4.2.3.1. Altura da planta**

A medida da altura do milho foi realizada com frequência de 15 dias, a partir da emergência até o florescimento pleno da cultura, isto é, 105 dias após a emergência. A altura das plantas foi medida com uma trena metálica (figura 3.1) da base do solo até a ponta da última folha, de acordo com a metodologia utilizada por Fey (2010).

##### **4.2.3.2. Diâmetro do caule**

A medida do diâmetro do caule das plantas de milho foi auferido a 10 cm do solo, baseado em Fey (2010). As medições foram feitas quinzenalmente, num total de sete coletas usando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

##### **4.2.3.3. Medição da área foliar do milho**

Para a medida da área foliar das plantas de milho foi utilizada a equação 02.

$$AF = 0,75 \cdot C \cdot L \quad (4.2)$$

em que

$C$  = comprimento da folha;

$L$  = largura da folha ( $L$  deve ser medido na parte mais larga da folha).

Esta equação foi testada e utilizada por Costa et al. (2009) que relacionam a área foliar com as dimensões lineares das folhas. Como as folhas das gramíneas têm forma aproximadamente retangular, suas áreas podem ser estimadas pela área de um retângulo multiplicado por um fator de ajuste; na metodologia utilizada o fator de ajuste foi 0,75.

#### 4.2.4. Variáveis de rendimento da cultura

O rendimento da cultura do milho foi avaliado quanto ao número total de grãos por planta e massa seca dos grãos. Aos 130 dias após a emergência todas as espigas foram colhidas e debulhadas; fez-se então a contagem das sementes por planta e em seguida as sementes foram acondicionadas em sacos de papel identificados para secagem natural numa sala específica para essa finalidade pelo período de 30 dias. Depois de secadas naturalmente, as sementes foram colocadas em uma estufa com circulação forçada a 105<sup>o</sup>C até ser constatada a massa constante. A balança analítica utilizada para a aferição da massa da matéria seca tem precisão  $\varepsilon \leq 0,0001$ .

#### 4.2.5. Taxa de Crescimento Relativo

A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa quanto à variável dependente ( $W$ ) se modifica por dia em função da alteração do tempo ( $t$ ). Estimativas de crescimento relativo foram feitas para a altura e para o diâmetro do caule do milho, em função do tempo, conforme equação (4.1) além de um estudo de regressão para estimar a TCR.

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) \quad (4.1)$$

em que

TCR = Taxa de crescimento relativo;

$W_1$  e  $W_2$  = Altura ou diâmetro caulinar inicial e final do intervalo de tempo;

$T_1$  e  $T_2$  = Início e final do intervalo de tempo (variável independente).

#### 4.2.6. Metodologia para tratamento dos dados obtidos durante o experimento

Os resultados das amostras analisadas em laboratório e os dados obtidos do crescimento e da produção de massa matéria seca dos grãos, foram tabulados no programa Excel versão 2003 para posterior importação dos dados com vista à análise de variância utilizando o software SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2010) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%; para obtenção das curvas de resposta foi utilizado o procedimento da análise de regressão.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1. Altura da planta

Foi feito uma análise de variância para verificar a significância dos diferentes tipos de efluentes e as dosagens. Os resultados estão na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resumo das análises de variância referente aos dados da altura do milho desde a germinação aos 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

FV	GL	Quadrado médio – Altura do milho por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Efluente	1	0,62 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	38,02 <sup>ns</sup>	497,02 <sup>ns</sup>	980,10 <sup>ns</sup>	3572,10 <sup>ns</sup>	1836,02 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	1,69 <sup>ns</sup>	96,00 <sup>**</sup>	387,02 <sup>*</sup>	361,82 <sup>ns</sup>	527,13 <sup>ns</sup>	665,37 <sup>ns</sup>	387,96 <sup>ns</sup>
Efluente x Dosagem	3	0,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>*</sup>	38,02 <sup>ns</sup>	122,42 <sup>ns</sup>	212,97 <sup>ns</sup>	565,37 <sup>ns</sup>	273,62 <sup>ns</sup>
Blocos	4	1,56	5,09	117,94	894,40	541,71	1434,72	409,56
Resíduos	28	1,19	8,40	133,98	288,63	380,73	1045,24	1090,69
C.V. (%)		15,61	6,63	15,50	13,91	13,80	13,50	13,44

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Pode-se observar na Tabela 4.1 que o tipo de efluente aplicado no solo, não influenciou significativamente, na altura do milho. Quanto ao fator dosagem de efluentes aplicadas no solo, observou-se uma influência significativa a nível de 5% de probabilidade, aos 30 e 45 DAE. Já a interação tipos de efluente x dosagem, houve efeito significativo apenas aos 30 DAE.

Freitas et al. (2004) em Viçosa – MG, plantando milho com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de quatro lâminas de água e águas residuárias de suinocultura, bruta e peneirada, sobre os componentes de produção da cultura do milho (*Zea mays* L.) para silagem. Os resultados finais do período de observação foram de que as diferentes lâminas dos três tipos de água não influenciaram significativamente em nenhuma das medidas de crescimento, analisadas pelos autores.

Rodrigues et al. (2009) realizaram, usando compostagem de resíduos da CEASA –PE, um experimento no cultivo de milho em vasos aplicando as dosagens de 0, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para avaliar o crescimento do cultivar milho e o acúmulo de nutrientes nas plantas. Os autores observaram que as diferentes dosagens de resíduo orgânico da CEASA não interferiram no crescimento da cultura estudada.

Bertonha et al. (2011) em experimento com capim elefante sob doses de (0, 150, 300, 450, 600 e 750 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) água residuária da suinocultura. Observaram que não houve efeito significativo das dosagens de água residuária da suinocultura em relação à altura, massa verde e massa seca das plantas.

Soares et al. (2011), cultivando milho sob aplicação de diferentes dosagens de água residuária do processamento do café, em Viçosa –MG, também observaram que as dosagens da água residuária utilizada não apresentaram efeito significativo sobre a altura das plantas de milho.

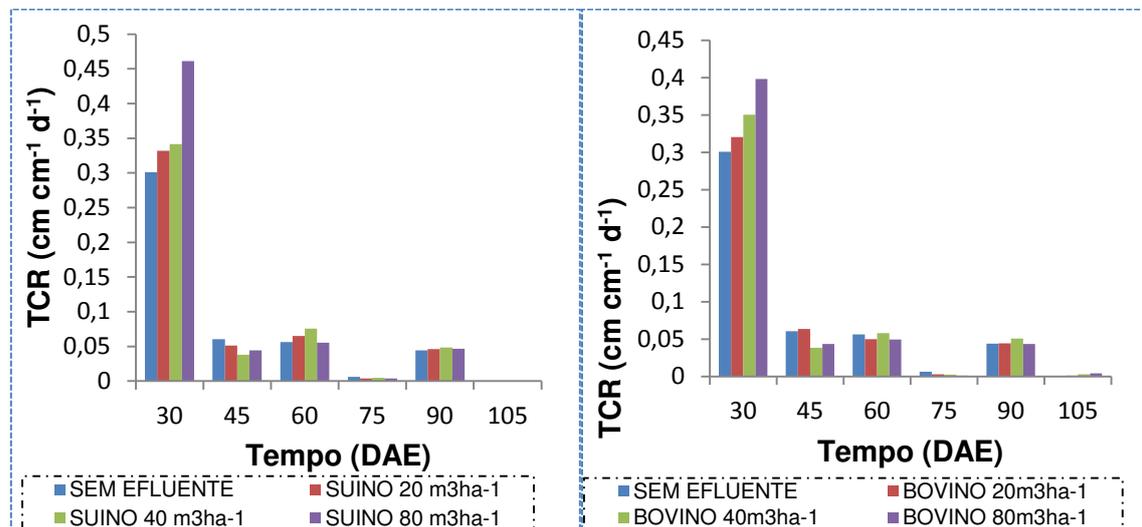
Já Costa et al. (2009), observaram resultados contrários em experimento com o cultivo do milho, afirmando que a água residuária do tratamento de esgoto influenciou positivamente a altura do milho em todo o seu ciclo de crescimento. Figueiredo et al. (2005), também obtiveram uma resposta positiva em experimento conduzido em casa de vegetação com a cultura do algodão irrigado com água residuária de esgoto.

#### **4.3.1.1. Taxa de crescimento relativo da altura do milho**

Outra forma utilizada para avaliar o crescimento das plantas é a TCR; esta avaliação está representada nas Figuras 4.1a e 4.1b para a altura do milho, em

função das dosagens por tipo de efluente; a coleta de dados foi quinzenal, a contar da emergência das plantas.

Figura 4.1. Taxa de crescimento relativo da altura do cultivar milho fertilizado com efluente da suinocultura e da bovinocultura leiteira



Pode-se observar nas Figuras 4.1a e 4.1b, que o comportamento das curvas segue a mesma tendência. A maior TCR ocorreu aos 30 dias após a emergência em todos os tratamentos, destacando-se a dosagem de 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> que proporcionou maior taxa de crescimento relativo, independente do tipo de efluente. Dos 30 aos 45 dias ocorreu uma redução brusca na TCR, em todos os tratamentos, não havendo variações expressivas nos períodos subsequentes para nenhum tratamento.

#### 4.3.2. Diâmetro do caule

Na Tabela 4.2 são apresentados os resultados do resumo das análises de variância do diâmetro do caule do milho, em função do tempo.

Tabela 4.2. Resumo das análises de variância do diâmetro do caule do milho durante 105 DAE

FV	GL	Quadrado médio – Diâmetro do caule do milho (cm) por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Efluente	1	0,10 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	4,90 <sup>ns</sup>	4,90 <sup>ns</sup>
Dosagem	3	0,53*	0,17 <sup>ns</sup>	6,82*	8,03*	13,62**	4,93 <sup>ns</sup>	10,47*
EfluentexDosagem	3	0,63*	0,03 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	5,10 <sup>ns</sup>	5,82*	12,37**	11,23*
Resíduos	28	0,19	0,14	1,79	2,06	2,01	2,80	3,06
C.V. (%)		12,74	7,65	16,87	9,42	9,08	10,94	11,67

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

De acordo com a Tabela 4.2, pode-se observar que o tipo de efluente não influenciou significativamente no crescimento do diâmetro do caule, ao longo do ciclo; as dosagens de efluente, por sua vez, têm influência significativa a nível de 5% de probabilidade em todos os períodos de tempo observados, exceto na segunda e sexta quinzena de observação.

Costa et al. (2009), observaram, utilizando água residuária de esgoto e água de abastecimento para o cultivo do milho, que apenas nos primeiros 34 dias após a semeadura ocorreu efeito significativo no crescimento do caule, em função da água residuária em comparação com a água de abastecimento. Ferreira, (2003) constatou, estudando o efeito da aplicação de água residuária tratada na cultura do algodão herbáceo, que com água residuária apenas o crescimento caulinar se intensificou em relação à água de abastecimento.

#### 4.3.2.1. Diâmetro caulinar do milho no desdobramento dos tipos de efluente nas diferentes dosagens

Para verificar se os efluentes deram respostas diferentes no crescimento do diâmetro caulinar do milho aplicando-se várias dosagens e efluente no solo, o desdobramento entre dosagens foi feito para cada tipo de efluente, cujos resultados estão na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Resumo da análise de variância no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente

FV	GL	Quadrado médio –						
		Diâmetro do caule do milho (cm) por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Dosagem/ Suíno	3	0,18 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	3,00 <sup>ns</sup>	6,73*	1,92 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>ns</sup>
Dosagem/Bovino	3	0,98*	0,07 <sup>ns</sup>	8,73*	10,13**	12,72**	15,38**	16,45**

Pode-se verificar, na Tabela 4.3, que na fertilização com efluente suíno a dosagem não teve influência significativa no crescimento do diâmetro do caule do milho, com exceção aos 75 dias (DAE) quando houve verificação da mesma; entretanto, a dosagem com efluente bovino influenciou significativamente em todo o período de observação, com exceção aos 30 dias (DAE).

Uma vez que as diferentes dosagens de efluente bovino influenciam no crescimento do diâmetro do caule, foi feito um teste de comparação de médias para as diferentes dosagens de efluentes. Os resultados do teste estão na Tabela 4.4. O teste de médias sugere que o aumento da dosagem do efluente bovino influencia no crescimento do diâmetro do caule do milho. Pode-se observar, nas médias dos diâmetros do caule do milho, que aquelas plantas que não receberam efluente bovino e as que receberam uma dosagem menor ( $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) de efluente têm, em média, a partir dos 60 dias após a emergência, maior diâmetro do caule do que as plantas que receberam maior dosagem de efluente.

Tabela 4.4. Teste de médias para avaliar o desempenho do efluente bovino no desenvolvimento do diâmetro do caule (cm) do milho durante 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

F.V.	Média dos diâmetros do caule do milho cultivado em solo fertilizado com efluente bovino, por tempo (DAE).							
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias	
Dose: $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	3,60 a1a2	4,80 a1	7,80 a1a2	16,40 a2	17,20 a2	16,00 a2	16,40 a3	
Dose: $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	3,00 a1	4,70 a1	9,80 a2	16,40 a2	17,00 a2	16,80 a2	16,00 a2a3	
Dose: $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	4,00 a2	5,00 a1	6,60 a1	13,60 a1	14,00 a1	13,00 a1	12,80a1	
Dose: $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	3,20 a1	5,00 a1	8,20 a1a2	14,40 a1a2	14,80 a1a2	14,00a1a2	13,40a1a2	

Nas colunas de médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Com base na Tabela 4.4 pode-se observar que as plantas que receberam efluente bovino em todos os tratamentos, tiveram uma redução significativa do

diâmetro do caule, a partir dos 60 (DAE) que coincide com as fases de florescimento, polinização e maturação fisiológica do cultivar. Isto pode ser justificado porque, nessas plantas, a área foliar foi menor, o que se verá mais adiante. Diminuições da área foliar por diversos fatores fazem com que a planta utilize reservas do caule para o enchimento de grãos (VIECELLI et al., 2011).

Pode-se constatar, também, que a partir dos 30 (DAE), as plantas que receberam maiores dosagens de efluente bovino tiveram menor crescimento do diâmetro caulinar.

De acordo com a EMBRAPA, (2006), as fases de desenvolvimento das plantas de milho são: crescimento = 0 – 42 DAE; Pendoamento = 43 – 57 DAE; Florescimento e Polinização = 58 – 72 DAE; Maturação Fisiológica = 73 – 110 DAE.

Resultados semelhantes Pereira et al. (1997) obtiveram cultivando milho em solo fertilizado com lodo de esgoto e observaram uma tendência de redução do diâmetro do caule em função do aumento das dosagens de lodo de esgoto.

Costa et al. (2009), constataram, utilizando biosólido de água residuária de esgoto e água de abastecimento, que as diferentes dosagens de biosólido não influenciaram significativamente no crescimento do diâmetro do caule do milho.

Já Soares et al. (2011) observaram, fazendo reuso de água residuária do processamento de café, que as diferentes dosagens da água residuária aumentaram linearmente o diâmetro do caule com o aumento das dosagens aplicadas, diferente do observado para a altura das plantas de milho em que não teve efeito significativo.

Nesta discussão pode-se observar que nos experimentos realizados por diferentes pesquisadores, utilizando variados resíduos e diferentes cultivares, há diferentes respostas para o crescimento do diâmetro do caule do milho e de outras culturas, passível de ser justificado pelas diferentes concentrações químicas dos mais diversos tipos de resíduos utilizados nos experimentos.

#### **4.3.2.2. Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do milho**

Para investigar melhor como as dosagens de efluente influenciaram no crescimento do caule do milho, foi calculada a taxa de crescimento relativo

quinzenal do diâmetro caulinar das plantas para cada tipo de efluente e seus resultados estão na Figura 4.2a e na Figura 4.2b.

Figura 4.2. Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do cultivar milho fertilizado com efluente suíno(a) e efluente bovino(b)

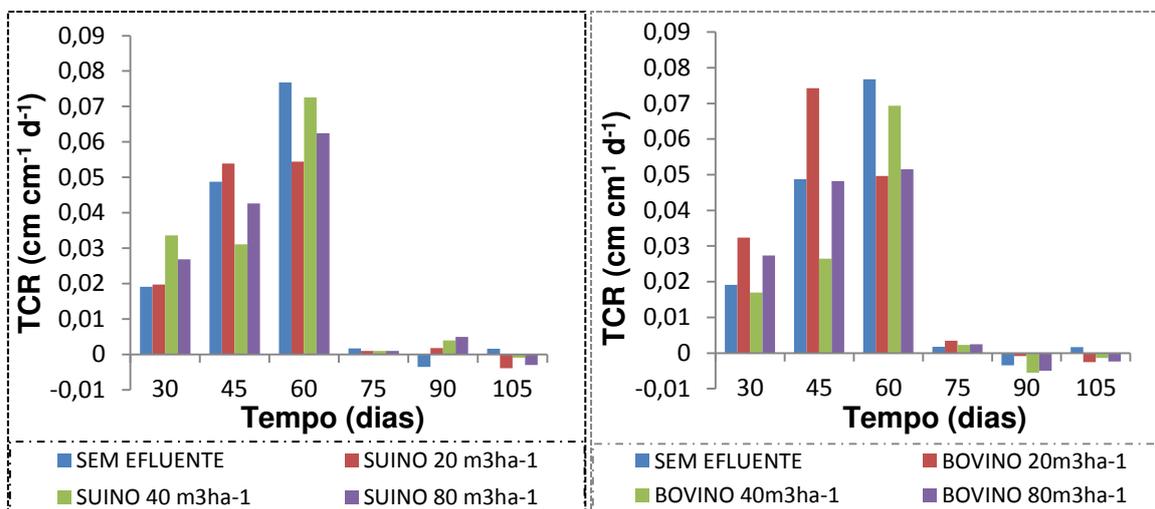


Figura 4.2a: Efluente suíno

Figura 4.2b: Efluente bovino

As Figuras 4.2a e 4.2b mostram que o diâmetro do caule do milho cresceu nos primeiros 75 dias. A maior taxa de crescimento relativo ocorreu aos 60 dias com os dois tipos de efluente para todas as dosagens, com exceção da dosagem de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente bovino no qual a maior TCR ocorreu aos 45 DAE. Todas as plantas, independente do tratamento, tiveram uma redução brusca na TCR do diâmetro caulinar, dos 60 dias aos 75 dias (DAE); dos 75 aos 105 dias as plantas tratadas com efluente bovino tiveram TCR negativo, ou seja, o diâmetro caulinar reduziu.

Entre os tratamentos com efluente suíno (Figura 4.2a), a dosagem de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a que teve maior TCR aos 30 dias (DAE) e a manteve constante até os 45 dias após a emergência; dos 45 aos 60 dias foi a que teve a maior variação positiva na TCR; entre as plantas tratadas com efluente bovino a dosagem de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a que teve maior TCR até os 45 dias (DAE).

Entre as plantas tratadas com efluente suíno o maior crescimento do diâmetro caulinar ocorreu no tratamento com dosagem de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> enquanto entre os tratamentos com efluente bovino a dosagem de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a mais eficiente.

### 4.3.3. Área foliar do milho

A área foliar das plantas é importante pelo simples fato de que são as folhas as principais responsáveis pela captação e transformação da energia luminosa em biomassa. Motivados por esta preocupação, foi feito um estudo do crescimento da área foliar do milho plantado em solo fertilizado com diferentes efluentes e diferentes dosagens.

O resumo da análise de variância do crescimento da área foliar do milho está na Tabela 4.5; a coleta de dados foi quinzenal.

Tabela 4.5. Resumo das análises de variância referente aos dados da área foliar do milho (cm<sup>2</sup>) desde a germinação aos 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

FV	GL	Quadrado médio – Área foliar do milho (cm <sup>2</sup> ) por tempo (DAE)						
		15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Efluente	1	5,7x10 <sup>2**</sup>	4x10 <sup>1ns</sup>	1,5x10 <sup>3**</sup>	1,4x10 <sup>6**</sup>	4,1x10 <sup>5**</sup>	1,3x10 <sup>7**</sup>	1,3x10 <sup>7**</sup>
Dosagem	3	3,1x10 <sup>2**</sup>	2,9x10 <sup>3**</sup>	1,2x10 <sup>5**</sup>	5,5x10 <sup>4**</sup>	8,1x10 <sup>5**</sup>	3,2x10 <sup>5**</sup>	2,4x10 <sup>5**</sup>
E. x Dosagem	3	3,9x10 <sup>2**</sup>	2,6x10 <sup>3**</sup>	8,7x10 <sup>3**</sup>	4,6x10 <sup>5**</sup>	7,1x10 <sup>5**</sup>	1,6x10 <sup>6**</sup>	2,2x10 <sup>6**</sup>
Blocos	4	9,41	57,09	100,21	95,40	145,85	293,02	305,66
Resíduos	28	9,68	14,19	27,81	75,81	47,15	90,62	68,89
C.V.		3,79	2,20	0,91	0,34	0,14	0,16	0,15

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \* Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Com base na análise de variância da área foliar do milho (Tabela 4.5) verifica-se que o tipo de efluente influenciou significativamente no crescimento da área foliar, em todo período de tempo de observação, com exceção aos 30 dias (DAE); as dosagens de efluente têm influência significativa a nível de 1% de probabilidade em todos os intervalos de tempo observados; na interação dos tipos de efluente com as dosagens também houve influência significativamente no crescimento da área foliar.

Uma vez que os tipos de efluentes e a dosagem de efluente influenciam significativamente no crescimento da área foliar, foram feitos o desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente e um teste de médias para comparação de áreas foliares por intervalo de tempo. Os resultados dos testes estão nas Tabelas 4.6 e 4.7.

Tabela 4.6. Teste de médias para avaliar a dosagem de efluente suíno no crescimento da área foliar (cm<sup>2</sup>) do milho durante 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

F.V.	Média da área foliar do milho cultivado em solo fertilizado com efluente suíno, por tempo (DAE).						
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Dose: 0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	84,7 a3	161,3 a2	454,0 a1	2501,2 a1	4528,7 a1	6131,9 a1	5763,8 a1
Dose: 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	77,0 a1	184,7 a3	543,2 a2	2578,6 a2	5233,6 a2	6483,7 a2	5809,0 a2
Dose: 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	80,6 a2	138,9 a1	646,0 a3	3016,3 a3	5324,0 a3	6584,0 a3	6637,6 a3
Dose: 80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	101,7 a4	205,5 a4	647,1 a4	3028,2 a4	5504,5 a4	6624,5 a4	6682,7 a4

Nas colunas de médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Pode-se observar, na Tabela 4.6, que dos 45 dias até os 105 dias após a emergência o crescimento da área foliar do milho foi maior quanto maior também foi a dosagem de efluente suíno.

Tabela 4.7. Teste de médias para avaliar a dosagem de efluente bovino no crescimento da área foliar (cm<sup>2</sup>) do milho durante 105 dias após a emergência das plantas (DAE)

FV	Média da área foliar do milho cultivado em solo fertilizado com efluente bovino, por tempo (DAE).						
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
Dose: 0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	84,7 a4	161,3 a2	454,0 a1	2501,2 a3	4528,7 a3	6131,9 a4	5763,8 a4
Dose: 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	74,7 a1	150,9 a1	497,2 a2	2558,6 a4	4830,0 a4	5163,8 a3	5041,2 a3
Dose: 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	79,1 a3	181,4 a3	646,0 a3	2211,1 a1	4277,9 a1	4987,8 a2	4828,4 a2
Dose: 80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	75,5 a2	187,7 a4	741,8 a4	2334,9 a2	4391,3 a2	4844,0 a1	4703,1 a1

Nas colunas de médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Constata-se na Tabela 4.7, que o efluente bovino interfere significativamente no crescimento da área foliar, desde os primeiros dias das plantas de milho; nos primeiros 45 dias a comparação de médias mostra que quanto maior a dosagem de efluente maior o crescimento da área foliar e que, a partir dos 45 dias, a área foliar cresceu menos nas plantas com maiores dosagens de efluente, ou seja, quanto maior foi a dosagem menor foi o crescimento da área foliar das plantas.

Portanto, nos tratamentos com efluente suíno as maiores dosagens influenciaram positivamente enquanto nos tratamentos com efluente bovino as maiores dosagens influenciaram negativamente no crescimento da área foliar do milho.

Como a composição química dos dois efluentes é muito diferente em praticamente todos os elementos analisados e que pode ser constatado, no quadro 1.4, algum componente presente no efluente bovino e ainda que não foi analisado em laboratório, pode ter influenciado para que o crescimento da área foliar do milho ficasse prejudicado em função de maiores dosagens deste efluente.

Segundo Costa et al. (2009), a variável área foliar é um importante fator de crescimento das culturas e retrata o tamanho do aparelho assimilatório da planta a nível de campo. Em seu experimento, utilizando biosólido de água residuária de esgoto, esses autores constataram que as áreas foliares dessas plantas irrigadas tiveram maior crescimento do caule, comparadas com as plantas que foram irrigadas com água de abastecimento. Segundo eles, isto pode ser atribuído à maior concentração de nutrientes na água de esgoto doméstico e constataram que essas plantas tiveram maior número de folhas e, conseqüentemente, também maior área foliar; que Nascimento (2003), utilizando água residuária tratada e diferentes doses de biosólido (0, 75 e 150 kg por hectare) no cultivo da mamona, obteve resultados semelhantes.

#### **4.3.3.1. Taxa de crescimento relativo da área foliar do milho**

A TCR proporciona uma estimativa de crescimento diário da área foliar do milho. Foi calculada a TCR das plantas no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente, cujos resultados estão nas Figuras 4.3a e 4.3b.

Figura 4.3. Comparação da TCR da área foliar do milho fertilizado com diferentes tipos e dosagens de efluentes

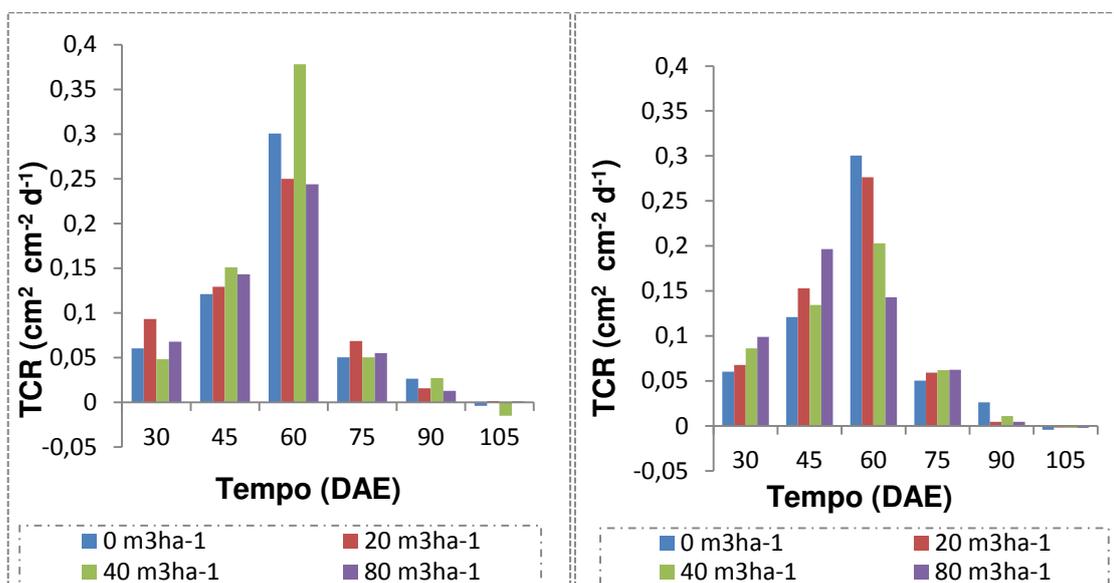


Figura 4.3a :Efluente suíno

Figura 4.3b: Efluente bovino

Observa-se, nas Figuras 4.3a e 4.3b, que nos primeiros 30 dias de crescimento a partir da emergência, o milho tratado com efluente bovino teve maior TCR comparado com os tratados com efluente suíno. A partir dos 45 dias da emergência ocorre o inverso e no final do período de crescimento as plantas em solo fertilizado com efluente suíno têm maior área foliar em comparação com as plantas que foram plantas em solo fertilizado com efluente bovino. As maiores dosagens de efluente bovino tiveram o menor desempenho no aumento da área foliar do milho principalmente no intervalo de 45 e 60 dias de crescimento. Em todos os tratamentos a maior TCR ocorreu aos 60 dias, com exceção da dosagem de 80  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de efluente bovino que ocorreu aos 45 dias (DAE). A dosagem de efluente suíno que proporcionou maior TCR da área foliar do milho foi de 40  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , sobremaneira entre os 45 e 75 dias (DAE); em se tratando de efluente bovino a dosagem foi de 20  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

#### 4.3.4. Análise da produção de sementes de milho

##### 4.3.4.1. Número de grãos por planta

Foi feito uma análise de variância para avaliar o número de grãos por planta avaliando-se os dois tipos de efluentes para a fertilização do solo e quatro

dosagens com cada tipo de efluente. O resumo desta análise de variância está na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Resumo das análises de variância referente aos dados do número de grãos de milho por planta

FV	GL	Quadrado Médio – Número de grãos de milho por planta
Efluente	1	223502,50**
Dosagem	3	19888,33 <sup>ns</sup>
Efluente*Dosagem	3	27359,77*
Blocos	4	17128,22
Resíduos	28	10660,31
CV (%)		19,73
Média geral		523,30
Número de observações		40

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

O resultado da análise de variância (Tabela 4.8) do número de grãos de milho por planta indica que o tipo de efluente influenciou significativamente no número de grãos por planta de milho a nível de significância de 1% de probabilidade. Fez-se o teste de médias para comparar o número de grãos produzidos para cada tipo de efluente; os resultados estão na Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Teste de médias para comparar o desenvolvimento do número de grãos de milho por planta, aplicando-se diferentes efluentes no solo

FV	Média do número de grãos de milho por planta.
Efluente Suíno	598,05 a2
Efluente Bovino	448,55 a1

Na coluna de médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Tabela 4.9 verifica-se que há uma diferença significativa no número de grão para os diferentes efluentes. A termos e comparação, pode-se comparar as médias dos resultados com os encontrados por Gadioli (2000), em Taubaté-SP, estudou a influência da temperatura na formação do número de grãos por planta. Seu experimento foi conduzido em casa de vegetação e a adubação foi química, com a dose recomendada para o milho; estudando três espécies de milho, as

médias de número de grãos encontrados pelos pesquisadores ficam entre 514 e 576 grãos por espiga.

Comparando os resultados com os encontrados neste estudo, observa-se que a média do número de grãos por planta produzidos com efluente suíno é superior que a dos melhores resultados obtidos pelo pesquisador e a média do número de grãos por planta produzidos com tratamento de efluente bovino, são inferiores à pior média obtida pelo mesmo pesquisador. Portanto, o tipo de efluente realmente tem importância significativa na formação do número de grãos por planta.

Ainda em relação a Tabela 4.8, as dosagens de efluente não influenciam significativamente na formação do número de grãos por planta de milho.

Na interação das dosagens com cada tipo de efluente também houve influência; o desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente resultou na Tabela 4.10.

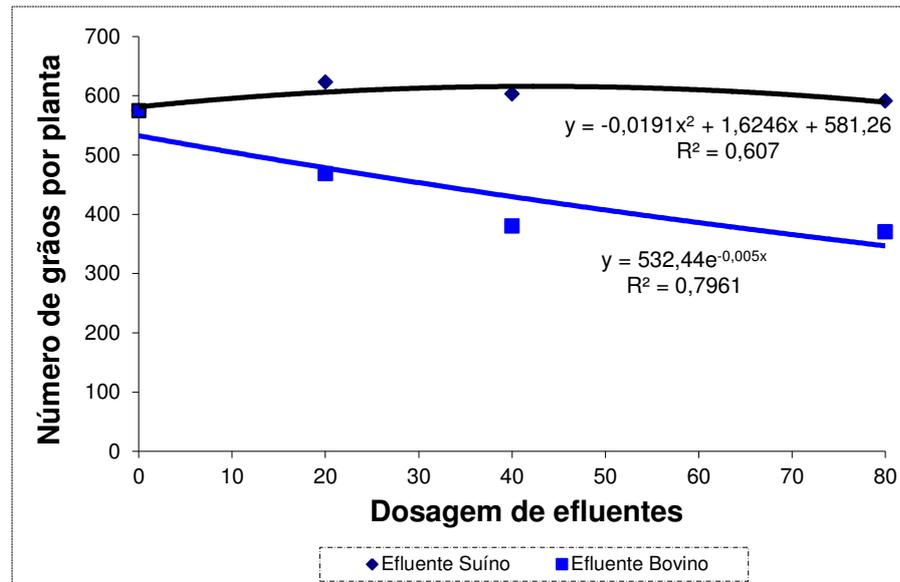
Tabela 4.10: Resumo da análise de variância da formação do número de grãos por planta no desdobramento das dosagens para cada tipo de efluente

FV	GL	Quadrado médio – Número de grãos de milho por planta
Dosagem/suíno	3	2028,85 <sup>ns</sup>
Dosagem/bovino	3	45219,25*

Observa-se, na Tabela 4.10, que para a formação do número de grãos de milho por planta apenas houve influência, em se tratando do efluente bovino.

Para análise comparativa no efeito produtivo entre os dois efluentes foi gerada, por regressão, uma curva de tendência. Nesta regressão surgiram as equações que representam o número de grãos de milho por dosagem de efluente aplicado no solo para cada tipo de efluente; a Figura 4.5 representa essa regressão.

Figura 4.4. Análise de regressão para o número de grãos de milho por planta produzido em solos fertilizados com resíduo proveniente da suinocultura e bovinocultura leiteira, em função da dosagem de efluente aplicada no solo



y número de grãos de milho por planta e x é a dosagem de efluente

Tem-se duas funções, uma para cada tipo de efluente, que representam o número de grãos de milho por planta produzido nas condições de solo e variedade de milho utilizado para este experimento, em função das diferentes dosagens de efluente. As equações são:

$$\text{Para efluente suíno: } y = -0,0191x^2 + 1,6246x + 581,26 \quad (4.3)$$

$$\text{Para efluente bovino: } y = 532,44e^{-0,0054x} \quad (4.4)$$

Para calcular a dosagem de efluente que deve ser aplicada no solo para produzir o maior número de grãos de milho por planta, tem-se:

Efluente suíno
$y = -0,0191x^2 + 1,6246x + 581,26$
$y' = -0,0382x + 1,6246$
Para $y' = 0$ , temos:
$-0,0382x + 1,6246 = 0$
$x = \frac{1,6246}{0,0382}$ , ou $x = 42,5288 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

Efluente bovino
$y = 532,44e^{-0,0054x}$
$y' = -2,875176e^{-0,0054x}$
Para $y' = 0$ , temos:
$-2,875176e^{-0,0054x} = 0$
$x = \cancel{\#}$

Os cálculos sugerem que há eficiência máxima na produção do número de grão de milho em solo fertilizado com efluente suíno aplicando-se uma dosagem de  $42,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente. No experimento o efluente bovino reduz o número de grão de milho por planta na medida em que foi aumentada a dosagem de efluente; portanto, o efluente bovino não contribuiu para o aumento do número de grão de milho por planta.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues et al. (2006), em Montes Claros–MG, que analisaram a produtividade em dois cultivos consecutivos, milho crioulo CAA e feijão trepador, para 11 tratamentos de solo com lodo de esgoto seco. Os resultados determinam que, estatisticamente, não houve variação significativa da produtividade (número de grãos e massa seca de grãos, entre outros), para nenhum dos tratamentos, nos dois cultivares. Os autores atribuíram este fato às condições do solo, que continha nível razoável de fertilidade antes dos tratamentos em razão de cultivos anteriores e que as variedades utilizadas no experimento têm menor exigência de nutrientes. Já Nascimento et al. (2004) observaram efeito positivo da aplicação de doses crescentes de lodo nas culturas de milho e feijão em espodossolo e argissolo. Silva et al. (2002) também constataram que uma dose de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de lodo seco teve efeito residual sobre a produção de milho até o terceiro ano após sua aplicação, o que indica a potencialidade fertilizante deste insumo.

Os diferentes tipos de efluente influenciaram na formação do número de grãos cujo motivo pode ter sido a composição dos diferentes efluentes. Segundo Fancelli (2001), *“A diminuição do número de grãos pode ocorrer até 3 (três) semanas após o florescimento em decorrência de condições predisponentes ao abortamento (grãos mais jovens são mais vulneráveis), que pode provocar a falha de granação no ápice da espiga”*.

Ainda segundo Fancelli (2001), a taxa de sobrevivência é o fator que determina o número final de grãos. Normalmente, a planta forma cerca de 500-750 óvulos fecundáveis porém há a constatação de que, normalmente, a sobrevivência é de 400 a 500 grãos/espiga. Trabalho desenvolvido por Andrade (1995) evidenciou que a diminuição de 70 a 80% do número de grãos promoveu apenas 30% de aumento de peso nos grãos remanescentes demonstrando que o

milho não tem a capacidade de compensar a perda de número de grãos pela estratégia de incremento de peso.

#### 4.3.4.2. Massa de grãos por planta

Na Tabela 4.11 está o resumo dos resultados da análise de variância para avaliar a massa dos grãos de milho por planta avaliando-se dois tipos de efluentes para a fertilização do solo e quatro dosagens de efluentes.

Tabela 4.11: Resumo das análises de variância referente aos dados da massa dos grãos de milho por planta

FV	GL	Quadrado Médio – Massa de grãos de milho por planta
Efluente	1	28462,22**
Dosagem	3	2177,42 <sup>ns</sup>
EfluentxDosagem	3	3981,96 **
Blocos	4	1065,59
Resíduos	28	787,69
CV (%)		19,15
Média geral		146,52
Número de observações		40

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \*Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo

Os resultados da análise de variância de massa matéria seca de grãos de milho indicam que o tipo de efluente influenciou significativamente na massa dos grãos de milho por planta, a nível de significância de 1% de probabilidade.

Para comparação de médias fez-se o teste de médias para a massa dos grãos de milho por planta, semeados em solos fertilizados com efluente suíno ou com efluente bovino, verificando-se que realmente, a diferença entre as médias da massa de grãos por planta produzido em solo fertilizado com efluente bovino é, pelo teste, significativamente menor do que a massa de grãos de milho por planta produzido em solo fertilizado com efluente suíno; o resultado do teste está na Tabela 4.12.

Tabela 4.12. Teste de médias para comparar a massa dos grãos de milho produzidos em solos fertilizados com efluentes provenientes da suinocultura e da bovinocultura leiteira

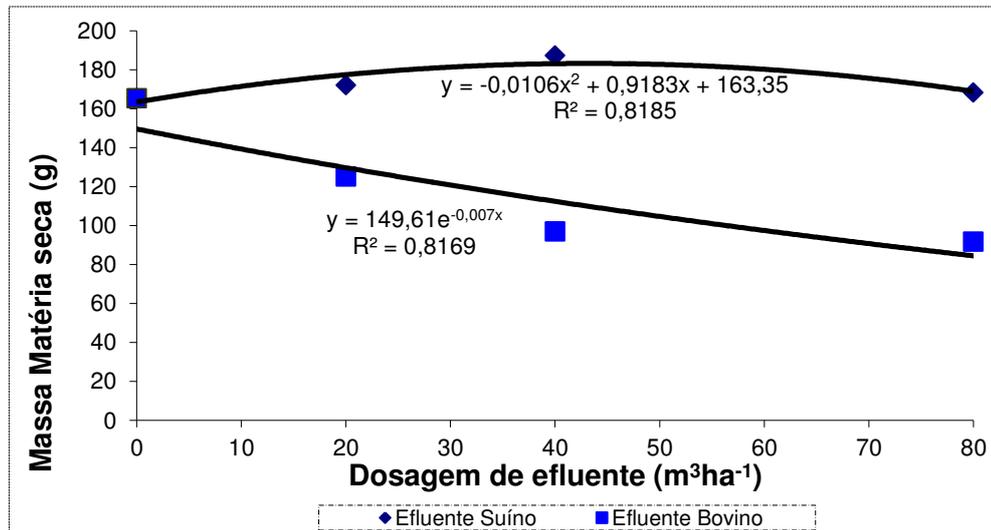
FV	Média da massa dos grãos de milho por planta (g).
Efluente Suíno	173,20 a2
Efluente Bovino	119,85 a1

Nas coluna de médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Pode-se perceber que o tratamento de solo com diferentes efluentes resulta na variação da produtividade de massa de matéria seca de milho.

Ainda de acordo com a Tabela 4.11, as dosagens de efluente não influenciaram significativamente na variação da massa de grãos por planta de milho; no entanto, a interação do tipo de efluente com as diferentes dosagens indicou influência significativa. Para investigar esta interação foi feito o desdobramento da dosagem para cada tipo de efluente; para a análise comparativa no efeito produtivo entre os dois efluentes foi gerada, por regressão, uma curva de tendência; nesta regressão surgiram as equações que representam a massa de grãos de uma planta de milho por dosagem de efluente aplicado no solo para cada tipo de efluente; a Figura 4.5 representa essa regressão.

Figura 4.5. Resultado da análise de regressão para a massa de grãos de uma planta de milho produzido em solos fertilizados com resíduo proveniente da suinocultura e bovinocultura leiteira, em função da taxa de efluente aplicada no solo



Temos duas funções, uma para cada tipo de efluente, que representa a massa de grãos de milho por planta produzido nas condições de solo e variedade de milho utilizado para este experimento, em função das diferentes dosagens de efluente. As equações são:

$$\text{Para efluente suíno: } y = -0,0106x^2 + 0,9183x + 163,35 \quad (4.5)$$

$$\text{Para efluente bovino: } y = 149,61e^{-0,0071x} \quad (4.6)$$

Para as condições reais do experimento pode-se calcular a dosagem de efluente que deve ser aplicada no solo para produzir a maior massa seca de grãos de milho por planta; com base nas equações encontradas, tem-se:

Efluente suíno	Efluente bovino
$y = -0,0106x^2 + 0,9183x + 163,35$	$y = 149,61e^{-0,0071x}$
$y' = -0,0212x + 0,9183$	$y' = 1,04727e^{-0,0071x}$
Para $y' = 0$ , temos:	Para $y' = 0$ , temos:
$-0,0212x + 0,9183 = 0$	$1,04727e^{-0,0071x} = 0$
$x = \frac{0,9183}{0,0212}$ , ou $x = 43,316 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$	$x = \cancel{\#}$

Os cálculos sugerem que há eficiência máxima na produção de massa

seca de grãos de milho em solo fertilizado com efluente suíno aplicando-se uma dosagem de  $43,316 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente com produção estimada em 183,24 g por planta de milho.

Resultado semelhante foi verificado por Konzen et al. (1997) que desenvolveram um experimento em Patos de Minas – MG, no qual utilizaram dosagens de 45, 90, 135 e  $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de esterco de suínos e as compararam com a adubação mineral convencional para a produção de milho. Seus estudos concluíram que a utilização de esterco líquido na menor dose,  $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  substituiu, com vantagem, a adubação mineral, constituindo-se na alternativa que possibilita a maior produção de milho com o melhor aproveitamento do esterco disponível.

Utilizando efluente bovino observou-se tendência de redução na massa seca de grãos de milho por planta na medida em que foi aumentada a dosagem de efluente; portanto, as dosagens de efluente bovino não contribuíram para o aumento da massa seca de grãos de milho por planta.

Pereira et al. (1997), realizaram experimento no município de Domingos Martins – ES, com lodo de esgoto gerado em processo anaeróbico tipo Tanque IMHOFF na cultura do milho, aplicando diferentes doses desse efluente e os resultados também indicaram que não há influência significativa na produtividade.

Ao contrário do observado por Giacomini & Aita (2008) que, aplicando dejetos líquidos de suínos no cultivo do milho, constataram que o acúmulo de matéria seca foi maior que na testemunha e que houve, na produtividade de grãos, um aumento de 253%.

Observando a área foliar do milho cultivado com os diferentes efluentes constatar-se que o efluente proveniente da bovinocultura leiteira produziu menor área foliar em relação ao efluente proveniente da suinocultura; o mesmo aconteceu com a produção da massa seca de grãos. A produtividade de milho está diretamente ligada à área foliar, a temperatura e à umidade (COSTA et al., 2009).

De certo modo, a produção do milho se apresenta decisiva a partir da floração quando entra em fase de enchimento de grãos. Esta é a fase mais crítica de seu ciclo (VIECELLI et al., 2011). É nesta etapa onde a planta, por meio da fotossíntese, faz fixação de  $\text{CO}_2$  para determinar sua produção e também é o

período onde a produção será mais afetada, no caso de falta de luminosidade, água e área foliar para produção de fotoassimilados (BÜLL, 1993).

A área foliar tende a aumentar gradativamente até alcançar seu máximo, iniciando então um decréscimo, devido à senescência das folhas mais velhas; sendo assim, quanto mais rápido a cultura atingir o índice de área foliar máximo e mais tempo conseguir mantê-lo maior será seu rendimento (MANFRON et al., 2003). Neste experimento se observa que a área foliar do milho tratado com efluente bovino foi menor em relação à área foliar do milho tratado com efluente suíno. Além do mais, a manutenção da área foliar do milho tratado com efluente suíno se manteve mais elevada durante mais tempo, comparado com a do tratamento com efluente bovino, o que pode justificar a diferença da produtividade na comparação entre os dois tipos de efluentes. O efluente influencia no crescimento da área foliar e, em contrapartida, na produtividade, visto que a planta absorve os nutrientes das folhas para a formação dos grãos (COSTA et al., 2009).

#### **4.4. CONCLUSÕES**

Os tipos e as dosagens de efluentes não influenciaram no crescimento da altura nem do diâmetro do caule do milho em todo o período de crescimento da planta.

A área foliar do milho tratado com efluente suíno foi 22% maior que o tratado com efluente bovino 105 dias após a emergência.

A formação do número de grãos de milho por planta produzido em solo fertilizado com efluente suíno foi, em média, 33% maior que a do cultivado em solo fertilizado com efluente da bovinocultura leiteira.

A produção máxima de massa matéria seca de grãos de milho cultivado em solo fertilizado com efluente suíno foi 44% maior do que a produzida com a mesma dosagem de efluente bovino.

O maior número de grãos por planta, maior a massa de matéria seca; não há compensação da massa na redução de número de grãos por planta.

Maiores dosagens de efluente bovino diminuíram o desenvolvimento do número de grãos por planta e, conseqüentemente, reduziram a massa de grãos por planta de milho.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, v. 41, p. 1-12, 1995.

Büll, L. T. **Nutrição mineral do milho**. In: Büll, L. T.; Cantarella, H., (ed.). *Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, p.63-146, 1993.

COSTA, F. X.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, C.A.V.; SOARES, F.A.L. ALVA, I.D.M. **Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, p. 687, 2009.

DUARTE, J. de O. **Importância Econômica**. In: CRUZ, J.C.; VERSIANI, R.P.; Ferreira, M.T.R.(Eds.) **Cultivo do Milho**. *Sete Lagoas: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de milho e sorgo*, 2000.

EMBRAPA. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**, In: Manual Técnico da Suinocultura do PNMA, 2004. [www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/doc\\_pnma.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc_pnma.pdf).

EMBRAPA. **Fisiologia da Produção de Milho**. Circular Técnica 76, 2006. [www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_76](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_76).

FANCELLI, A.L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento**. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.5, n.1, p. 283-289, 2001.

FERREIRA, O. E. **Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo e no meio edáfico**. Dissertação Mestrado- Campina Grande: UFCG, 2003.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG; UFLA, 2010.

FEY, R.; LANA, M.C.; ZOZ, T.; RICHART, A.; LUCHESE, E.B. **Relações entre Lixiviação de Nitrato e Produção de Biomassa do Milho com Dejetos Suínos Provenientes de diferentes Tratamentos**. Revista Brasileira de Ciência Agrária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, v. 5, n. 2, 2010.

FIGUEIREDO, I. C. de M.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; ARAUJO, M.G.F.; SANTOS, T.S.; AZEVEDO, C.A.V. **Uso da água residuária tratada e do bio sólido no algodão colorido: produção e seus componentes**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.288-291, 2005.

FREITAS W. da S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. **Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

GIACOMINI & AITA. **Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho**. Revista Brasileira Ciências do Solo vol.32 no.1 Viçosa, 2008.

GADIOLI, J.L.; NETO, D. D.; GARCIA, A.G.; BASANTA, M.D.V. **Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica**. Revista Scientia agricola v.57, n.3, 2000

GODOY, L.J.G. **Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila**. 2002. 94p. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

JUGENHEIMER, R. W. **Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas**. LIMUSA. México. P. 489-502, 1990.

KONZEN, E.A.; PEREIRA F., I.A.; BAHIA F., A.F.de C. **Manejo de esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho.** EMBRAPA – 1997. Circular Técnica n. 25.

KUNZ A. **Impactos sobre disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficial e subterrânea.** In. Simpósio Nacional sobre Uso da Água na Agricultura, 2, 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: UPF, p. 1-6 2006.

MANFRON, P.A. et al. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.333-342, 2003.

NASCIMENTO, M. B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira, submetidas ao uso de biossólidos e água residuária.** Dissertação Mestrado-Campina Grande: UFCG. 2003.

NASCIMENTO, C. W. A., BARROS, D. A. S., MELO, E. E. C. OLIVEIRA, A. B. **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciência de Solo, 2004.

PEREIRA J., A.B.; VALIM, M.C.de A.; SOUZA, J.L.; GONSALVES, R. F. **Utilização de lodo gerado em processo anaeróbio tipo tanque imhoff como insumo agrícola para a cultura do milho.** 19o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1997.

RODRIGUES P.N.F.; ROLIM, M.M.; NETO, E.B.; PEDROSA, E.M.R.; OLIVEIRA, V.S. **Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13,n.1; p. 94, 2009.

SÁ, J.C.M.; FERREIRA, A. DE O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA,A.M.; FIGUEIREDO, A.G. **Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de**

**genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2010.

SILVA, J.C.A. **Crescimento e produção de genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em função de lâminas de irrigação.** Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

SILVA, J.E., RESCK, D.V. S., SHARMA, R.D. **Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal: I. efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no Cerrado.** Revista Brasileira de Ciência de Solo v.26, n.2, p. 487-495, 2002.

SOARES, S.F.; DONZELES, S.L.; MORELI, A.P. **Crescimento de plantas de milho em vasos após a aplicação de água residuária do processamento do café.** VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2011.

STEINMETZ, R., SEUATURIEN, N., CHUTIPONG, W., POONNIL, B. **The Ecology and Conservation of Tigers and their Prey in Kuiburi National Park, Thailand.** WWF Thailand and Department of National Parks, Wildlife, and Plant Conservation, Bangkok, Thailand, 2009.

VIECELLI, C.A.; FILLWOCK, J.M.; SUZIN, V. **Efeito do desfolhamento das plantas na produtividade do milho.** Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.179-190, 2011.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C. & TECHIO, V.H. **Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.3, p.320–325, 2010.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de dejetos de animais em sistemas produtivos vem sendo apontado como alternativa de fertilizante assim como, também, uma forma de descarte. Importante nesse processo é de que os dejetos sejam lançados no solo sem risco ambiental. A biodigestão é uma forma de tratar os dejetos de formas a contribuir na redução de possíveis problemas ambientais. Neste estudo evidencia-se que o uso de efluentes da suinocultura e da bovinocultura leiteira pode trazer benefícios econômicos consideráveis em função do seu potencial fertilizante no cultivo de capim tifton 85, soja e milho.

A composição química varia entre os diferentes efluentes e, como consequência, a resposta em crescimento e produtividade das culturas também variou.

É importante considerar que a dosagem de efluente precisa ser otimizada para cada tipo de cultura para não haver excesso e, conseqüentemente, causar prejuízos na produtividade e possivelmente proporcionar problemas ao meio ambiente uma vez que a parte do efluente que não é absorvido pelas plantas fica no solo alterando, assim, suas características químicas, podendo ainda ser lixiviado.

Recomenda-se, então, que seja feito um monitoramento das características físicas e químicas do solo no sentido de evitar possíveis alterações em suas características naturais entre uma safra e outra, assim como monitorar o crescimento e produtividade das culturas de modo que o efluente ofereça benefícios econômicos sem causar impactos ambientais.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Repetir o experimento em condições de campo;

Fazer análise de solo após incorporação dos efluentes no solo e no final do experimento para avaliar possíveis resíduos dos efluentes no final do ciclo de crescimento das culturas;

Fazer comparativos com tratamentos químicos convencionais para avaliar comparativamente o crescimento e produtividade das culturas;

Avaliar a salinidade e a possível lixiviação na aplicação de variadas dosagens de efluente