



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EFEITO RESIDUAL DO BIOSSÓLIDO E DA ÁGUA RESIDUÁRIA
NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO DO MILHO**

FABIANA XAVIER COSTA

**CAMPINA GRANDE
PARAÍBA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**EFEITO RESIDUAL DO BIOSSÓLIDO E DA ÁGUA
RESIDUÁRIA NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO
DO MILHO**

FABIANA XAVIER COSTA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
Outubro – 2004

EFEITO RESIDUAL DO BIOSÓLIDO E DA ÁGUA
RESIDUÁRIA NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO
DO MILHO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO RESIDUAL DO BIOSSÓLIDO E DA ÁGUA
RESIDUÁRIA NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO
DO MILHO**

FABIANA XAVIER COSTA

ORIENTADORES

**Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima
Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
Outubro – 2004**

FABIANA XAVIER COSTA

**EFEITO RESIDUAL DO BIOSSÓLIDO E DA ÁGUA
RESIDUÁRIA NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO
DO MILHO**

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande – UFCG, em
cumprimento às exigências para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
Outubro - 2004**



C837e Costa, Fabiana Xavier
Efeito residual do biossólido e da água residual no ambiente edafico e no cultivo do milho / Fabiana Xavier Costa. - Campina Grande, 2004.
84 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Água de Esgoto Tratada 2. Rotacao de Culturas 3. Crescimento 4. Producao 5. Lodo de Esgoto 6. Nutriente 7. Dissertação I. Lima, Vera Lucia Antunes de, Dra. II. Beltrao, Napoleao Esberard de Macedo, Dr. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 628.381(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

FABIANA XAVIER COSTA

EFEITO RESIDUAL DE BIOSSÓLIDO E DA ÁGUA RESIDUÁRIA
NO AMBIENTE EDÁFICO E NO CULTIVO DO MILHO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Vera Lúcia Antunes Lima
Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima-Orientadora

APROVADA

Napoleão E. de M. Beltrão
Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão-Orientador

APROVADA

Humberto Silva
Dr. Humberto Silva-Examinador

APROVADA

Carlos Alberto V. de Azevedo
Dr. Carlos Alberto V. de Azevedo-Examinador

APROVADA

OUTUBRO - 2004

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: a Deus, razão maior de minha existência e aos meus avós maternos: Joaquim Xavier e Josefa Santiago Xavier (in memoriam) por tudo que sou hoje e por todo amor e essência espiritual que me passaram durante muitos anos de minha existência.

Agradeço de todo coração e de uma forma muito especial a todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram-me durante toda a trajetória do meu mestrado e principalmente na realização desta.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 Reuso de água.....	4
2.2 Biossólido (lodo).....	5
2.2.1 Efeito da aplicação do lodo de esgoto.....	6
2.2.2 Legislação e Normas Brasileiras.....	7
2.3 Cultura utilizada no experimento.....	7
2.3.1 Milho.....	7
2.4 Adubação Mineral.....	9
2.4.1 Importância da adubação nitrogenada para a cultura do milho.....	9
2.4.2 Importância da adubação fosfatada para a cultura do milho.....	9
2.4.3 Importância da adubação potássica para a cultura do milho.....	10
2.5 Adubação orgânica.....	11
2.5.1 Efeitos do adubo orgânico sobre as propriedades do solo.....	11
2.5.2 Vantagens resultantes da adubação orgânica de acordo com o instituto Agro- nômico do Paraná (IAPAR).....	11
2.5.3 Lodo de esgoto.....	11
2.6 Rotação de culturas.....	12
2.6.1 Rotação de culturas e produtividade.....	12
2.6.2 Rotação de culturas e seu efeito nas doenças do milho.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização.....	15
3.2 Clima.....	15
3.3 Confeção e montagem dos lisímetros.....	15

3.4	Material de solo e preenchimento dos lisímetros.....	16
3.5	Fertilizantes.....	16
3.6	Água de irrigação.....	17
3.7	Delimitação experimental e tratamentos utilizados na cultura da mamona e do milho.....	17
3.8	Procedimento com a cultura do milho.....	20
3.8.1	<i>Plantio e tratamentos culturais</i>	20
3.8.2	<i>Cultivar utilizada no experimento</i>	21
3.8.3	<i>Água utilizada na cultura do milho</i>	21
3.8.4	<i>Medições das variáveis de crescimento</i>	22
3.8.5	<i>Descrição das variáveis analisadas</i>	24
3.8.5.1	<i>Variáveis analisadas no solo</i>	24
3.8.5.2	<i>Variáveis analisadas da água</i>	24
3.8.5.3	<i>Variáveis de crescimento da cultura milho</i>	24
3.8.5.4	<i>Componentes da produção da cultura milho</i>	25
3.9	Análise estatística.....	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Condições iniciais dos atributos físicos e químicos do solo no experimento com a mamona.....	26
4.1.1	<i>Atributos físicos</i>	26
4.1.2	<i>Atributos químicos</i>	26
4.2	Características das águas utilizadas na irrigação no final do experimento com a mamona e início do experimento.....	28
4.3	Características do solo após o término do experimento com a mamona e início do experimento.....	30
4.3.1	<i>Atributos físico-hídricos do solo</i>	31
4.3.2	<i>Atributos químicos do solo</i>	31
4.3.3	<i>Características de salinidade do solo</i>	32
4.3.4	<i>Micronutrientes do solo</i>	33
4.4	Resultados referentes à cultura do milho.....	42

4.4.1 Variáveis do crescimento.....	42
4.4.2 Variáveis do crescimento e desenvolvimento da cultura do milho.....	56
4.4.3 Características do solo após o término do experimento com a cultura do milho.....	64
4.4.3.1 Fertilidade do solo.....	64
4.4.3.2 Salinidade.....	68
4.4.3.3 Micronutrientes.....	70
4.4.4 Características da água drenada, após o término do experimento com a cultura do milho.....	71
5. CONCLUSÕES.....	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Vista superior dos tratamentos distribuídos nos lisímetros.....	19
Figura 3.2 – Total de plantas (duas plantas por lisímetro). Diferenças no crescimento e desenvolvimento dos sete tratamentos.....	20
Figura 3.3 – Água de abastecimento utilizada no milho BR-106.....	22
Figura 3.4 - Medição do comprimento da área foliar.....	23
Figura 3.5 – Peso seco de fitomassa total.....	25
Figura 4.1 - Evolução da altura da planta (AP) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	44
Figura 4.2 - Evolução da altura da planta do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	45
Figura 4.3 - Tratamento com adubação química (testemunha relativo), comparado ao que recebeu água de abastecimento e a dose de lodo de 0 kg/ha ⁻¹ (testemunha absoluto).....	46
Figura 4.4 - Evolução do diâmetro do caule (DC) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	48
Figura 4.5 - Evolução do diâmetro do caule do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	48
Figura 4.6 - Desenvolvimento caulinar refletido pela espessura do diâmetro no tratamento com água residuária e dose de lodo a 0 kg/ha, comparado com tratamento utilizando água de abastecimento e dose de lodo a 0 kg /ha.....	49
Figura 4.7 - Evolução área foliar por planta (AF/P) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	52
Figura 4.8 - Evolução da área foliar por planta (AF/P) do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	52
Figura 4.9 - Evolução do número de nós (NN) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	55
Figura 4.10 - Evolução do número de nós (NN) do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Características físicas e químicas do lodo de esgoto digerido.....	17
Tabela 4.1 – Características físico-hídricas do material do solo utilizado no experimento com a mamona.....	27
Tabela 4.2 – Características químicas do material de solo utilizado no experimento com a mamona.....	28
Tabela 4.3 – Composição físico-química da água de abastecimento usada no experimento com a mamona e com o milho.....	29
Tabela 4.4 – Composição físico-química da água residuária usada no experimento com a mamona e o milho.....	30
Tabela 4.5 - Resumos da análise de variância das variáveis das características físicas do solo: umidade (%), densidade real (g/cm^3), densidade aparente (g/cm^3), porosidade (%), argila (%), silte (%) e areia (%), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002.....	34
Tabela 4.6 – Valores médios do desdobramento da interação água x doses de biossólido para a variável concentração da umidade do solo (%) no experimento com a mamona.. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....	34
Tabela 4.7 – Resumos da análise de variância das variáveis de fertilidade: fósforo total – PT (mg/L), potássio – K (cmol/L), cálcio – Ca (cmol/L), magnésio - Mg (cmol/L), acidez potencial – $\text{H}^+ + \text{AL}^{3+}$ (cmol/L) carbono (g/Kg), matéria orgânica (g/Kg), nitrogênio total (mg/Kg), após o término do experimento com a mamona e início o do experimento.(UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....	35
Tabela 4.8 – Médias das variáveis de fertilidade: fósforo total – PT (mg/L), sódio – Na (cmol/L), magnésio – Mg (cmol/L), acidez potencial – $\text{H}^+ + \text{AL}^{3+}$ (cmol/L), carbono (g/Kg), matéria orgânica (g/Kg), nitrogênio total (mg/Kg), em função dos tratamentos, após o término do experimento com a mamona e início do	

experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....36

Tabela 4.9 – Resumos da análise de variância das variáveis de salinidade: condutividade elétrica – C.E (dS/m), sódio – Na (mmol_c/L), potássio – K (mmol_c/L), sulfato – SO₄ (mmol_c/L), Cálcio – Ca (mmol_c/L), magnésio – Mg (mmol_c/L), Bicarbonato – HCO₃ (mmol_c/L), cloreto – CL (mmol_c/L), relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio trocável (PIS), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....37

Tabela 4.10 – Médias das variáveis de salinidade: condutividade elétrica – C.E (dS/m), sódio – Na (mmol_c/L), potássio – K (mmol_c/L), Cálcio – Ca (mmol_c/L), magnésio – Mg (mmol_c/L), cloreto – CL (mmol_c/L), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....38

Tabela 4.11 – Valores médios do desdobramento da interação água x doses de bio sólido para a variável bicarbonato – HCO₃ (mmol_c/L), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....39

Tabela 4.12 - Valores médios do desdobramento da interação água x doses de bio sólido para a variável relação de adsorção de sódio – RAS, após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....39

Tabela 4.13 - Valores médios do desdobramento da interação água x doses de bio sólido para a variável percentagem de sódio trocável - PIS, após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....39

Tabela 4.14 – Resumos da análise de variância das variáveis de micronutrientes: boro (mg/L), cobre (mg/L), ferro (mg/L), manganês (mg/L), zinco (mg/L), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb. 2002).....40

- Tabela 4.15** – Médias das variáveis de micronutrientes: boro (mg/L), cobre (mg/L), ferro (mg/L), manganês (mg/L), zinco (mg/L), após o termino do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, Pb, 2002).....40
- Tabela 4.16** - Valores médios do desdobramento da interação água x doses de bio-sólido para a variável cobre (mg/L), após o termino do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab). Campina Grande, Pb, 2002.....41
- Tabela 4.17**- Resumos das análises de variância dos dados de altura de planta (cm) em vários períodos do ciclo do milho em função dos fatores doses de lodo e tipos de água, e o contraste ortogonal entre o fatorial e a testemunha sem adubação. (UFCG/Prosab / Campina Grande, Paraíba, 2003).....43
- Tabela 4.18** - Valores médios da variável altura de plantas (cm) em diversos períodos do ciclo de vida do milho em função de doses de lodo e tipos de água . (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....44
- Tabela 4.19** - Modelos matemáticos da variável altura de planta. Campina Grande, Paraíba, 2003.....45
- Tabela 4.20** - Resumos das análises de variâncias, referente a variável diâmetro do caule do milho (mm), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), em função dos fatores doses de lodo e tipo de água residual, (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....47
- Tabela 4.21** - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável diâmetro do caule (mm). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....47
- Tabela 4.22** - Modelos matemáticos da variável diâmetro do caule. Campina Grande, Paraíba, 2003.....49
- Tabela 4.23** - Resumo das análises de variâncias, referente a variável AF/P (cm²), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....51
- Tabela 4.24** - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável área foliar por planta (cm²). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....51

Tabela 4.25 - Modelos matemáticos da variável área foliar por planta. Campina Grande, Paraíba, 2003.....	53
Tabela 4.26 - Resumos das análises de variâncias, referente a variável número de nós (nn), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	54
Tabela 4.27 - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável número de nós. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	54
Tabela 4.28 - Modelos matemáticos da variável número de nós. Campina Grande, Paraíba, 2003.....	56
Tabela 4.29 - Resumos das análises de variância, referentes as variáveis fitomassa total (FT), número de espiga (NE), tamanho da espiga (TE), peso seco das palhas (PSP), peso das espigas sem palhas (PESP), peso seco do sabugo (PS), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho em função dos fatores lodo e tipos de água, efeitos residuais. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	57
Tabela 4.30 - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis fitomassa total (FT) e número de espiga (NE) aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	58
Tabela 4.31 - Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis tamanho da espiga (TE(cm)), peso seco das palhas (PSP(g)), peso das espigas sem palhas (PESP(g)) e peso seco do sabugo (PS(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho, efeito residual em função dos fatores dose de lodo e tipo de água. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	60
Tabela 4.32 - Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis tamanho da espiga (TE(cm)), peso seco das palhas (PSP(g)), peso das espigas sem palhas (PESP(g)) e peso seco do sabugo (PS(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	61
Tabela 4.33 - Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis número de grãos (NG(N ^o), peso seco dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos	

- 120 dias após o plantio da cultura do milho, em função dos fatores doses de lodo e tipo de água, efeitos residuais. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....62
- Tabela 4.34** - Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis número de grãos (NG(N⁰), peso dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....62
- Tabela 4.35** - Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis número de grãos (NG(N⁰), peso dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho, efeito residual. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....63
- Tabela 4.36** - Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de fertilidade do solo: cálcio(Ca(cmol/dm³)), carbono(C(g/kg)), sódio (Na(mg/dm³)), potássio (K(mg/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), matéria orgânica (MO(g/kg)) e fósforo total (Ptotal(mg/dm³)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS), em função dos fatores estudados doses de lodo, tipo de água, efeitos residuais. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....66
- Tabela 4.37** - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de fertilidade do solo: cálcio (Ca(cmol/dm³)), carbono((g/kg)), sódio (Na(mg/dm³)), potássio (K(mg/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), matéria orgânica (MO(g/kg)) e fósforo total (Ptotal(mg/dm³)). (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....66
- Tabela 4.38** - Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis carbono(C(cmol/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), e matéria orgânica (MO(g/kg)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....67
- Tabela 4.39** - Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis carbono(C(cmol/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), e matéria orgânica (MO(g/kg)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....68

- Tabela 4.40** - Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de salinidade do solo: cálcio(Ca(mmol/l)), cloreto (Cl(mmol/l)), sódio (Na(mmol/l)), carbonato(CO₃(mmo/l)), bicarbonato (HCO₃(mmol/l)), potássio (K(mmo/l)), magnésio (Mg(mmol/l)), razão de adsorção de sódio (RAS), salinidade (CEes) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003..... 69
- Tabela 4.41** - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de salinidade do solo: cálcio(Ca(mmol/l)), cloreto(Cl(mmol/l)), sódio(Na(mmol/l)), carbonato(CO₃(mmo/l)), bicarbonato (HCO₃(mmol/l)), potássio (K(mmo/l)), magnésio (Mg(mmol/l)), razão de adsorção de sódio (RAS), salinidade (CEes) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003..... 70
- Tabela 4.42** - Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de micronutrientes do solo: boro (B(mg/dm³)), cobre (Cu(mg/kg)), ferro (Fe(mg/kg)), manganês (Mn(mg/kg)), zinco (Zn(mg/kg)), para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003..... 71
- Tabela 4.43** - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de micronutrientes do solo: boro (B(mg/dm³)), cobre (Cu(mg/kg)), ferro (Fe(mg/kg)), manganês (Mn(mg/kg)), e zinco (Zn(mg/kg)), para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003..... 71
- Tabela 4.44** - Resumo das análises de variâncias, referente as variáveis da água: alcalinidade (Alc), absorvância nitrito (abs.nitrito), absorvância nitrato (abs. nitrato), carbono, cálcio, condutividade (cond.), demanda química de oxigênio (DQO) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003..... 72
- Tabela 4.45** - Resumo das análises de variâncias, referente as variáveis da água: ortofosfato (porto), magnésio (mg), fósforo total (P.total), sólidos suspensos totais (sst), sólidos totais (st) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003)..... 73

Tabela 4.46 - Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis da água: demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (Ptotal), ortofosfato (Porto), alcalinidade (Alc), sólidos suspensos totais (SST), sólidos totais (ST), cálcio (Ca), magnésio (Mg), condutividade (CEa), absorbância nitrato (Abs.NO₃), absorbância nitrito e (Abs.NO₂). (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).....	75
--	-----------

RESUMO

A rotação de culturas é muito utilizada em uma agricultura sustentável, onde objetiva uma redução de perdas de solo, água e nutrientes. Proporciona ainda um eficiente controle de pragas, doenças e ervas daninhas. O resíduo de biossólido (lodo) e a água residuária contêm elevados teores de matéria orgânica, minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes. A utilização desses incrementos na agricultura diminui e em alguns casos elimina a necessidade de utilização de fertilizantes químicos. Com o objetivo de verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores irrigação com água residuária, doses de biossólidos e fertilizantes químicos e seus efeitos residuais no milho e no ambiente edáfico, após a segunda cultura, prosseguiu-se um experimento iniciado no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Em esquema fatorial $[(2 \times 3) + 1]$, representado por dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada, sendo que no experimento com o milho utilizou-se apenas água de abastecimento) e três doses de biossólido: 0, 75, e 150 kg/ha e uma testemunha na qual se usou fertilizante químico na fórmula NPK. Para acompanhar o impacto dos insumos no solo, foram analisadas as características físico-hídricas, de fertilidade, salinidade, e micronutrientes, no início e no final dos experimentos com a cultura da mamona e do milho. Foram avaliadas nas águas utilizadas as concentrações de: matéria orgânica, (DQO) e nutrientes (nitrogênio amoniacal, fósforo total e ortofosfato solúvel). Analizaram-se as seguintes variáveis para a cultura do milho: altura da planta, diâmetro caulinar, área foliar por planta, número de nós, número de espigas, tamanho das espigas, número de grãos, peso seco das palhas, peso seco das espigas sem palha, peso seco dos sabugos, peso seco dos grãos e peso seco de 100 sementes. De acordo com os resultados verificou-se que todas as variáveis de crescimento e de produção foram superiores para os tratamentos que receberam água residuária. Os efeitos residuais na cultura do milho das águas de irrigação utilizadas na cultura da mamona apresentaram diferenças significativas para os teores de fósforo total, ortofosfato, sólidos suspensos totais, sólidos totais, alcalinidade, absorvância nitrato, condutividade elétrica e demanda química de oxigênio. O solo que foi irrigado com água residuária na cultura da mamona apresentou incremento de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo na cultura do milho, nutrientes estes imprescindíveis ao crescimento e desenvolvimento da planta. O biossólido apresentou efeito significativo apenas para as variáveis: altura de planta, número de nós aos 20 DAS (dias, após semeadura). Diante dos resultados obtidos constata-se que os efeitos residuais na cultura do milho da utilização de água residuária na cultura da mamona é viável para uma agricultura sustentável, no entanto que sua utilização seja feita de uma maneira ecologicamente correto para garantir a saúde dos seres vivos e a preservação do meio ambiente.

Palavras - chave: água de esgoto tratada, rotação de culturas, crescimento, produção, lodo de esgoto, nutriente.

SUMMARY

The rotation of cultures is very used in a maintainable agriculture, where it objectifies a reduction of soil losses, water and nutritious. It still provides an efficient control of plagues, diseases and harmful herbs. The biosolid residue (mud) and the water residuary contains high texts of organic matter, minerals, mainly nitrogen, match and micronutrients. The use of those increments in the agriculture decreases and in some cases it eliminates the need of use of chemical fertilizers. With the objective of to verify and to quantify the isolated effects and groups of the factors irrigation with water residuary, biosolids doses and chemical fertilizers and its residual effects in the corn and in the ambient edáfico, after the second culture, continued an experiment begun in the Program of Research in Basic Saneamento (PROSAB) of the Department of Civil Engineering of the Federal University of Campina Grande, PB. The experimental delineamento was it entirely casualizado, with 7 treatments and three repetitions, in the totality 21 experimental units. In outline fatorial $[(2 \times 3) + 1]$, represented by two types of water (provisioning and treated residuary, and in the experiment with the corn was just used water of provisioning) and three biosolid doses: 0, 75, and 150 kg N/ha and a witness in which chemical fertilizer was used in the formula NPK. To accompany the impact of the input in the soil, the characteristics were analyzed physical-hídricas, of fertility, salinity, and micronutrientes, in the beginning and in the end of the experiments with the culture of the castor and of the corn. They were appraised in the used waters the concentrations of: organic matter, (DQO) and nutritious (nitrogen amoniacal, total match and soluble ortofosfato). Analizaram-if the following variables for the culture of the corn: height of the plant, diameter caulinar, area to foliate for plant, number of us, number of spikes, size of the spikes, number of grains, dry weight of the straws, dry weight of the spikes without straw, dry weight of the sabugos, dry weight of the grains and dry weight of 100 seeds. In agreement with the results it was verified that whole the growth variables and of production they went superiors to the treatments that received water residuary. The residual effects in the culture of the corn of the irrigation waters used in the culture of the castor presented significant differences for the texts of total match, ortofosfato, total suspended solids, total solids, alkalinity, absorbância nitrate, electric conductivity and it demands chemistry of oxygen. The soil that was irrigated with water residuária in the culture of the castor presented increment of organic matter, nitrogen and match in the culture of the corn, nutritious these indispensable ones to the growth and development of the plant. The biosólido just presented significant effect for the variables: plant height, number of us at the 20 OF THE (days, after semeadura). before the obtained results it is verified that the residual effects in the culture of the corn of the use of water residuária in the culture of the castor are viable for a maintainable agriculture, however that its use is done to guarantee the health in a way correct ecological of the you be alive and preservation of the environment.

Words key: water of sewer treaty, rotation of cultures, growth, production, sewer of mud, nutritious.

1. INTRODUÇÃO

Na agricultura uma das técnicas mais recomendadas é a rotação de culturas, que tem como objetivo uma redução de perdas de solo, água e nutrientes. Proporciona também um eficiente controle de pragas, doenças e ervas daninhas. A rotação soja-milho tem-se mostrado promissora principalmente em solo de cerrado (INFORME AGROPECUÁRIO, 1980). Entre as culturas recomendadas para rotação tem-se a mamona (*Ricinus communis L.*) e o milho (*Zea mays L.*).

O milho (*Zea mays L.*) é considerada uma das principais espécies utilizadas no mundo, visto que anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de aproximadamente 610 milhões de toneladas de grãos (FANCELLI, 2003).

O milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações com o meio e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e abióticos no sistema produtivo (FANCELLI, 2003).

As tecnologias de tratamento que permitem a reutilização da água despontam em todo o mundo como uma alternativa marcante para minorar o panorama de escassez, cada vez mais evidente em diversos países (SANTOS, 1987).

A utilização ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo desde há muitos anos. Há relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Nesse sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende, também o controle de perdas e

desperdícios, e a minimização da produção de efluente e do consumo de água (LEON e CAVALLINE, 1999).

Segundo Hespanhol (1994), a demanda de água para o setor agrícola brasileiro representa, 70% do uso consumptivo total, com forte tendência para chegar a 80% até o final desta década. Portanto, ante o significado que essas grandes vazões assumem, em termos de gestão de nossos recursos hídricos, é de extrema importância que se atribua prioridade para institucionalizar, promover e regulamentar o reuso para fins agrícolas, em âmbito nacional.

O conhecimento de que o tratamento das águas residuárias é de vital importância para a saúde pública e para conservação dos mananciais, ocasionou grande desenvolvimento das tecnologias de tratamento, principalmente nos países desenvolvidos. Qualquer que seja o tratamento utilizado para o esgoto, haverá geração de um subproduto denominado lodo de esgoto (GONÇALVES et al., 2001).

Das diversas alternativas para a adequada disposição do lodo de esgoto produzido, a reciclagem agrícola é a mais promissora. Para tanto, necessita da definição de políticas que devem ser baseadas em cuidadosos estudos que definem critérios agronômicos, ambientais, sanitários e sócio-econômicos, de modo a garantir sua utilização segura (SANEPAR, 1999; ANDREOLI et al. 2000 a).

As características físico-químicas do lodo de esgoto o tornam um excelente condicionador do solo, pois estabiliza a estrutura do solo aumentando a capacidade de retenção de água e de nutrientes minerais, podendo auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente em uso em nosso país. Nesta ótica, passa a ser entendido como bio sólido, ou seja, é o lodo resultante do tratamento biológico dos esgotos condicionado de modo a permitir o seu manuseio de forma segura na utilização agrícola (FERREIRA et al. 1999).

O uso agrícola constitui uma das formas mais utilizadas para a disposição final de bio sólido; cerca de 25% de todo o bio sólido produzido nos Estados Unidos são utilizados na agricultura; na Europa e no Canadá, a utilização é de aproximadamente 37%. Pela sua composição química, o bio sólido se apresenta como um possível fertilizante para o uso agrícola, uma vez que é composto por cerca de 40% de matéria orgânica e macronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio (MELO et al. 2001).

As propriedades do lodo de esgoto são semelhantes a outros produtos orgânicos usados normalmente na agricultura, como, por exemplo: esterco suíno, bovino e avícola. Portanto, em termos de resultados agronômicos, o lodo poderia ser aplicado à maioria das culturas, porém, algumas culturas se prestam mais que outras para o uso do lodo seja por

aproveitarem melhor sua composição química e liberação lenta de nitrogênio, seja por eliminarem os riscos associados à reciclagem de resíduos animais, principalmente com relação aos patógenos. Desta forma, por precaução a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) veta o uso do lodo (mesmo higienizado) para horticultura e demais produtos consumidos crus que tenham contato direto com o lodo. O milho e as demais poáceas de modo geral, trigo, cana-de-açúcar e sorgo) pelas suas características, são as culturas mais recomendadas e as que dão melhores respostas ao uso do lodo. Outras aplicações como fruticultura, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, também são alternativas interessantes, dentro de critérios específicos de utilização (SANEPAR, 1997).

Considerando que há um grande potencial para o uso de água residuária na irrigação de diversas culturas e que os estudos são poucos aqui no Brasil envolvendo o uso de tal insumo e de biossólidos com culturas em rotação, com o conseqüente efeito residual e que há uma grande demanda por tecnologias sobre este assunto, foi concebido este trabalho, que teve por objetivo verificar e quantificar os efeitos isolados e conjuntos dos fatores irrigação com água residuária, doses de biossólidos, fertilizantes químicos e seus efeitos residuais no ambiente edáfico e no milho, partindo-se de uma rotação de cultura com a mamona.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Reuso de água

A escassez cada vez mais acentuada de mananciais de qualidade adequada para o abastecimento de água das populações e conseqüentemente da agricultura é fator que determina o despertar do interesse em reutilizar as águas provenientes dos processos industriais, agro-industriais e urbanos.

A questão da escassez de recursos hídricos não existe só no Brasil, é um problema de cunho mundial. Muitos países padecem com a falta de água potável, tanto para o consumo humano, como para irrigação e outros fins. Com isto, diversos países são forçados a praticar a reciclagem da água que utilizam diariamente, surgindo assim o reuso de águas residuária. Como exemplo de reuso, pode-se citar: as fazendas de esgotos na Alemanha, em 1531; A Namíbia, primeiro país a praticar o reuso de efluentes para fins potáveis (abastecimento público); Israel, o país recicla 70% de seus esgotos, que são revertidos para irrigação de culturas, principalmente o algodão (SANTOS, 1997). No Brasil, a prática do reuso de águas residuária é ainda pequena, podendo no futuro próximo ser difundida em virtude das necessidades de água.

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, com base no seguinte conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior" (HESPANHOL, 2001, após ONU, 1958).

Observa-se que um meio de amenizar o problema ocasionado pela escassez de água potável seria o reuso de águas residuária, principalmente para fins agrícolas. De acordo com Blaustein (1982), o uso de efluente pode aumentar a produtividade agrícola devido ao alto conteúdo de nutrientes existente nas águas residuária.

Segundo Paganini (1997), durante as duas últimas décadas do século XX, o uso de esgotos para irrigação ou recuperação de solos aumentou significativamente, em virtude de fatores como:

- dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de água para irrigação em algumas regiões;
- custo elevado de fertilizantes;
- segurança de que os riscos para a saúde pública e os impactos sobre o solo são mínimos, se as preocupações e as técnicas adequadas são efetivamente utilizadas;
- custos elevados dos sistemas de tratamentos necessários para possibilitar a descarga de efluentes em corpos receptores;
- início da aceitação sócio cultural da prática de reuso agrícola;
- reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

A utilização dos esgotos na irrigação, como forma de disposição adequada, contribui efetivamente para a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde pública.

2.2- Biossólido (lodo)

Segundo Tsutiya et al. (2001) lodo de esgoto é uma denominação genérica para o resíduo sólido gerado pelos sistemas de tratamento de águas residuária. Sua composição depende, portanto, do tipo de tratamento empregado para purificar o esgoto e das características das fontes geradoras (população e indústrias).

De modo geral, o lodo de esgoto tem grande interesse agrícola pelo seu conteúdo em nutrientes minerais, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas especialmente pelo seu teor em matéria orgânica, cujos efeitos no solo se fazem sentir em longo prazo, melhorando sua resistência à erosão e à seca, ativando a vida microbológica do solo e possivelmente aumentando a resistência das plantas às pragas (TSUTIYA et al. 2001).

2.2.1- Efeito da aplicação do lodo de esgoto

De acordo com o Centro de Estudos de Fertilizantes – CEFER, (1983), experimentos realizados com lodo de esgoto primário, sem compostar, apresentaram os resultados e as conclusões resumidas a seguir:

a) **Controle de patogênicos.** O preparo de um fertilizante organo-mineral com 70% e 30% de lodo digerido mostrou-se eficaz na destruição de microrganismo patogênico (Salmonella) e ovos de helmintos, pois, se obteve sua eliminação total no produto final. Enterovirus não foram detectados em nenhuma amostra analisada.

b) **Controle da podridão da raiz do sorgo.** O experimento demonstrou que o lodo de esgoto primário induz a um controle biológico do *Pythium arrhenomanes* Dreschs, quando se comparou a aplicação em solo infestado e não infestado, bem como pode ser utilizado como fonte de nutriente para o sorgo.

c) Em cinco experimentos realizados em casa-de-vegetação, empregando-se doses correspondentes a 3-6 e 9 t/ha de lodo com e sem adição de potássio estudou-se a possível fitotoxicidade do lodo em alface; o lodo como fertilizante para o milho, para o arroz e para a soja; o lodo comparado com fertilizante organo-mineral IPT na cultura do milho. Analisando-se os resultados dos experimentos concluiu-se que o lodo de esgoto não apresenta problema de fitotoxicidade; que o lodo pode ser utilizado para as culturas do milho, arroz e soja, pois, não foi encontrada diferença significativa quando comparada a dosagem de 9 t/ha de lodo de esgoto por hectare, com e sem potássio, com a recomendação de fertilizantes minerais.

d) Experimentos de campo realizados com feijão e milho, aplicando 3-6 e 9 t/ha de lodo em cobertura, após feita a calagem 30 dias antes do plantio, permitiram as seguintes conclusões: o lodo aumentou a produção do feijoeiro em cerca 20 a 25% em relação à testemunha; a aplicação de nitrogênio em cobertura aumentou a produção, indicando que o nitrogênio do lodo não é prontamente disponível; quanto ao milho, como o lodo foi aplicado em cobertura e o fertilizante mineral com o qual se fez a comparação o foi no sulco, houve maior produção deste último, 46% contra 5% do lodo (Para as culturas de espaçamento largo a localização do fertilizante orgânico deve ser sempre no fundo do sulco).

O manejo do lodo compreende operações como adensamento, desaguamento, estabilização e higienização e a desidratação, a sua aplicação está diretamente relacionada ao destino final escolhido para o mesmo. O lodo é um excelente condicionador do solo, podendo

auxiliar na melhoria das práticas agrícolas atualmente em uso em nosso país, tornando-se assim uma alternativa viável (SANEPAR, 1997).

2.2.2 – Legislação e normas brasileiras

Segundo Carvalho e Carvalho (2001), o Estado de São Paulo possui norma estabelecida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), regulamentando a aplicação ao solo de resíduos dos tratamentos biológicos, desde 4/12/1999. Como a lei brasileira é clara de que o registro e fiscalização dos fertilizantes, corretivos e condicionadores de solo, inclusive no tocante à saúde pública e proteção ao ambiente, é uma atividade de responsabilidade do Ministério da Agricultura, nos termos do decreto lei 82.955/82, fica claro um ponto de conflito entre a legislação federal e as normas da CETESB, visto ser ilegal a dupla fiscalização. Desta forma, quando um biofertilizante atender aos padrões de qualidade e for devidamente registrado, será aplicável a legislação federal, enquanto que as normas CETESB restringem-se aos resíduos de tratamento biológico não enquadráveis na legislação federal.

Por outro lado, não existe ainda uma legislação federal brasileira para o uso de biofertilizantes na agricultura. O Ministério da Agricultura e Abastecimento, que é o órgão federal responsável pela legislação, a qual é específica para fertilizantes minerais, orgânicos, corretivos e inoculantes, sendo omissa no referente aos biofertilizantes, tanto com respeito à presença de metais pesados como a agentes patogênicos. Para suprir esta falha, o Ministério da Agricultura e Abastecimento estão promovendo uma revisão da legislação visando atender não apenas as exigências internas do país como o mercado internacional, exigente na qualidade dos produtos agrícolas (CARVALHO E CARVALHO, 2001).

2.3 - Cultura utilizada no experimento

2.3.1- Milho

O milho (*zea mays L.*) constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arração de animais, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma “in natura”, como na forma de farelo, de ração ou de silagem (BULL, 1993). Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma “in natura”, como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas.

Na indústria, o milho é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias. Porém, pesquisas recentes têm revelado novas utilidades para o cereal, que no passado seriam pouco imagináveis. Estima-se que hoje existam cerca de 600 produtos onde o milho participa como matéria-prima (BULL, 1993).

O milho é uma das principais culturas em muitos países, rivalizando com o trigo, o arroz e a aveia na produção mundial. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial. A cultura do milho está se transformando em lavoura de ponta, com várias regiões produtoras alcançando produtividade altíssima e com expansão de área em regiões que podem ser intensivamente mecanizáveis, como o Cerrado. O uso crescente de sementes melhoradas continuará sendo um dos grandes impulsos do aumento de produção (EMBRAPA / CNPACT, 2002).

Para Andrade (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Assim, de acordo com Fancelli (2003) o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determina o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza diversa. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção.

Segundo Bull (1993), em termos de distribuição geográfica, o milho aparece nos quatro cantos do país. Tomando-se por base a Região Centro-Sul, responsável por mais de 95% da produção do cereal, as estatísticas do IBGE registram pelo menos dois aspectos de significativa importância: o primeiro é que é uma quantidade bastante significativa de entrevistados cerca de 30% do total, declaravam que se dedicam ao cultivo do milho; o segundo é que a cultura é basicamente desenvolvida em propriedades situadas nos menores estratos de área. Aproximadamente 79% dos entrevistados estão em propriedades de até 50 hectares e 9% entre 51 e 100 hectares.

2.4- Adubação Mineral

2.4.1- Importância da adubação nitrogenada para a cultura do milho

Sendo o nutriente mais exigido pelo milho, o nitrogênio (N) é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. Como constituinte essencial dos aminoácidos, é fundamental para a síntese de proteínas e, uma vez que a formação dos grãos depende do conteúdo de proteínas na planta, a produção de milho está diretamente relacionada com o suprimento de N (MUZILLI, 1989).

Havendo carência no solo, sua deficiência se manifesta na fase de crescimento intenso, coincidindo com os períodos de maior demanda pela cultura. Segundo Muzilli (1989), essa deficiência é reconhecida pela coloração verde-pálida das folhas novas e clorose típica nas folhas velhas, que se tornam amareladas no sentido do ápice para o centro, com o vértice voltado para a parte central da folha e as bordas podendo permanecer verdes.

As deficiências de N em milho são comuns nos solos desgastados e com baixa disponibilidade de matéria orgânica onde os sintomas aparecem já na fase vegetativa e se torna mais acentuadas em condições de seca, por ocasião do florescimento, quando a falta de umidade restringe a absorção do N existente no solo pela planta. De acordo com Muzilli (1989) o fenômeno é conhecido como “requeima”, e pode se manifestar também em períodos excessivamente chuvosos, quando o nitrato existente no solo é lixiviado rapidamente pela água percolada.

2.4.2- Importância da adubação fosfatada na cultura do milho

Embora o milho seja considerado espécie das mais exigentes em fósforo (P), as quantidades totais do nutriente absorvidos pela planta são menores em relação às exigências em nitrogênio e potássio.

O fósforo é importante já na fase inicial de desenvolvimento vegetativo da cultura por estimar a formação e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Na fase reprodutiva, a máxima concentração de P ocorre nas espigas, onde o nutriente está ligado ao metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas que ao armazenados nos grãos e, assim, o desenvolvimento e a produção dos grãos pelo milho são influenciados pelo fósforo (MUZILLI, 1989).

Havendo deficiência os sintomas se manifestam já nos primeiros períodos do desenvolvimento vegetativo, por um crescimento retardado das plantas. De acordo com

Muzilli, (1989) nas folhas e colmos das plantas novas, é comum o aparecimento de uma coloração vermelho-arroxeadada típica, em consequência da formação de antocianina, um pigmento purpúreo que se desenvolve quando há um acúmulo de açúcar, decorrente da redução do metabolismo dos carboidratos pela planta, em virtude de carência de fósforo. Na fase de espigamento, a falta de fósforo provoca a formação de espigas tortas e com folhas nas fileiras de grãos, bem como o processo de maturação é retardado e desuniforme.

No solo, o fósforo aparece na forma de numerosas combinações orgânicas e inorgânicas das quais apenas uma pequena porção pode ser extraída. Em condições de solo ácido, a maior parte do nutriente disponível pode ser retida em forma de compostos insolúveis de ferro e alumínio; na forma orgânica, o fósforo não pode ser extraído pelas plantas, a menos que seja liberado e mineralizado. Assim, culturas de ciclo curto como o milho necessita encontrar no solo fosfatos em forma inorgânica facilmente solúveis.

2.4.3- Importância da adubação potássica na cultura do milho

A deficiência de potássio (K) pode afetar os mais diversos processos fisiológicos como a fotossíntese, a respiração, a formação de clorofila e o aproveitamento de água pelas plantas. Funcionando mais como um ativador de processos metabólicos, o potássio não é incorporado a nenhum composto formado pela planta, predominando a sua ocorrência em forma iônica livre no suco celular; daí a possibilidade do nutriente ser lixiviado das folhas do milho pelas águas da chuva ou de irrigação. No milho, atribuem-se ao potássio as propriedades de aumento de resistência dos colmos ao acamamento ou quebramento, ao ataque de pragas e doenças e a maior tolerância da planta à seca (MUZILLI, 1989).

Quando a deficiência do potássio no solo é severa, a planta de milho apresenta um retardamento de crescimento, já na fase inicial de desenvolvimento, seguido do secamento da ponta e das margens das folhas mais velhas. Mantida a deficiência, as espigas poderão apresentar-se mal formadas e geralmente sem granação na extremidade.

Segundo Muzilli, 1989, por se tratar de elemento facilmente absorvido pelas plantas, a adubação potássica em cobertura, feita até os 30-40 dias após a emergência, poderá corrigir em tempo uma deficiência que se apresente na cultura do milho.

2.5 – Adubação orgânica

A adubação orgânica é uma prática importante para manter o solo produtivo e tem sido praticada por diferentes povos em maior ou menor intensidade, através dos tempos.

2.5.1 – Efeitos do adubo orgânico sobre as propriedades do solo

A adubação orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A expressão popular em nosso meio agrícola de que “a adubação orgânica aduba o solo e a planta” provém da sua influência sobre as propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo, revertendo tudo no aumento da produção (KIEHL, 1985).

2.5.2 – Vantagens resultantes da adubação orgânica de acordo com o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR):

- Aumenta o teor de matéria orgânica no solo;
- Melhora a estrutura do solo;
- Aumenta a capacidade de retenção de água e sua disponibilidade para as plantas;
- Aumenta a infiltração das águas da chuva e diminui a enxurrada;
- Diminui a compactação, promove maior aeração e enraizamento;
- Aumenta a capacidade de troca de cátions;
- Fornece elementos essenciais como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e alguns micronutrientes;
- Aumenta a atividade microbiana do solo, pelo aumento na população da flora e fauna;
- Elimina ou diminui doenças do solo através da ativação de microorganismos benéficos às plantas específicas;
- Modifica a composição das ervas daninhas.

2.5.3 – Lodo de esgoto

O lodo de esgoto é um excelente adubo, rico em matéria orgânica. Segundo o IAPAR, 1984, uma das características do lodo urbano é a concentração relativamente elevada de nitrogênio em relação ao fósforo ou potássio. A composição varia com a origem do

material. É importante que tenha sempre a análise do material utilizado. Deve-se ter cuidado de verificar se não existem metais tóxicos que podem ser prejudiciais às plantas e animais.

2.6 – Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste em um planejamento racional de plantações diversas, alternando a distribuição no terreno em certa ordem e por determinado número de anos (KIEHL, 1985).

A diversificação de cultivos no tempo e no espaço deve ser entendida como elemento indispensável num programa de agricultura ecologicamente sustentável. De acordo com Silveira (1999) a rotação de culturas inclui-se entre as práticas importantes para a manutenção da capacidade produtiva dos solos por constituir-se numa ferramenta poderosa no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, atenuar os efeitos da erosão, melhorar a estrutura e interferir na fertilidade do solo.

Na implantação de sistemas agrícolas irrigados, diversas opções de rotação de culturas devem ser consideradas, e a escolha de uma ou mais culturas deve basear-se, entre outros, na aptidão agrícola da região, no retorno econômico do investimento e na conservação dos recursos naturais (SILVEIRA, 1999).

A rotação das culturas é uma prática que deve ser adotada por todo lavrador. De acordo com Graner, 1962, experiências têm mostrado que a rotação do milho, com algodão, por exemplo, dá bons resultados. O ideal é introduzir também uma leguminosa no sistema de rotação. O plantio, em anos alternados, do milho e da mucuna ou do milho e da *Crotalaria juncea* dá ótimos resultados.

2.6.1 - Rotação de culturas e produtividade

O estudo e a implantação de sistemas agrícolas envolvendo diferentes rotações de culturas constituem pontos importantes no uso dos solos. Além de ser uma prática eficaz no controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, a rotação de culturas reduz o efeito da erosão e altera as características físico-químicas e biológicas do solo. Pode, também, afetar os teores de nutrientes no solo devido às diferenças nas exigências nutricionais à profundidade de solo explorada pelas raízes e à quantidade de material vegetal que retorna ao solo após a

colheita. Assim, alterações na quantidade de nutrientes e /ou de matéria orgânica no solo podem depender da combinação entre os sistemas de preparo do solo e as culturas (MARIA e CASTRO, 1993).

A rotação de culturas, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar o rendimento das espécies envolvidas. Silveira e Silva (1996) avaliaram os efeitos de diferentes rotações de culturas sobre o rendimento do feijoeiro comum, cultivado sob irrigação no sistema pivô central, na região de Goiânia – GO. De modo geral, o feijoeiro quando cultivado após o arroz apresentou rendimentos maiores do que quando cultivado após o milho. Observou-se, também, efeito positivo do calopogônio e da soja, cultivados anteriormente, sobre a produtividade do feijoeiro.

Tanto faz usar Plantio Direto, Plantio Mínimo ou Convencional, a rotação das culturas sempre é indispensável. É a maneira de oferecer condições de vida cada vez a outros seres vivos. Para Primavesi (1992), sendo assim, aumenta-se o número de espécies e como um come o outro e é comido por terceiros, há um controle muito bom de todos. É a dura lei da natureza: comer e ser comido. Cada um é inimigo do outro. Pode haver um maior e outro menor, mas o famoso “inimigo natural” praticamente não existe. É a diversidade de espécies que controla! E a diversidade aparece com a diversidade da vegetação. E, como não se podem plantar vinte ou trinta culturas numa só vez, plantam-se cinco a seis culturas umas seguidas das outras. É a rotação de culturas!

2.6.2 - Rotação de Culturas e seu efeito nas doenças do milho

A rotação de culturas é indicada principalmente no controle de nematóides e podridões do colmo e das espigas. Os nematóides das espécies *Pratylenchus Zeae* e *P.brachyurus* são importantes patógenos do milho, responsáveis por grandes perdas, especialmente se consideradas as suas associações com o fungo *Fusarium moniliforme* (ALMEIDA PINTO E VASCONCELLOS, 1992). As podridões do colmo são causadas por um complexo de patógenos como *Colletotrichum graminicola*, *Diplodia maydis* e *Fusarium moniliforme*. As podridões das espigas têm como principais agentes causais os fungos *Diplodia maydis*, *Gibberella Zese* e *Fusarium moniliforme*. Embora menos eficiente, a rotação é também indicada no controle de doenças foliares como helmintosporiose (*Helminthosporium Turcicum*), mancha de *Helminthosporium* (*H. maydis*) e da mancha de *Phacosphaeria* (*Paeosphaeria maydis*), além do carvão (*Ustilago maydis*). O fungo *C. graminicola*, agente causal da antracnose, é considerado patógeno importante quando sua

severidade em períodos de muita nebulosidade, úmidos e de muitas chuvas. Este fungo permanece em colmos de milho deixados no campo e, desta maneira, os restos de milho no solo funcionam como fontes primárias do inoculo que irá infectar raízes, caules e folhas. Naturalmente, a sobrevivência de o patógeno irá depender das condições de ambiente, incluindo temperatura e umidade (SILVEIRA et al.1999).

Para Almeida Pinto e Vasconcelos (1992), os parasitas mais importantes do milho são nematóides *Pratylenchus Zeae* e *P. brachyurus*, seja devido à ampla distribuição geográfica ou as suas interações com fungos do solo. Segundos seus relatos, em plantios de milho que sucederam ao de mucuna ocorreram menores populações destes nematóides.

A rotação de culturas é a técnica mais antiga empregada no controle de doenças e um dos meios mais eficientes para limitar as populações de nematóides e de outros patógenos do milho, habitantes do solo, sem a utilização de produtos químicos. Sua eficácia depende das culturas e serem intercaladas, bem como do período entre os cultivos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi uma continuação de um experimento anterior com a cultura da mamona, no qual consta dos seguintes dados:

3.1 - Localização

O experimento com a cultura da mamona foi conduzido, no período de 01 de março de 2002 a 21 de novembro de 2002, em lisímetros (unidade experimental) de drenagem, construídos no PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande – PB – Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18" de latitude sul, 35°52'28" de longitude oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m. O experimento com a cultura da mamona, assim como este foram realizados no PROSAB.

3.2 – Clima

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é o tipo "Csa", que representa um clima mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. Os meses de junho e julho são os mais frios com médias inferiores a 20°C (IBGE, 2000).

3.3– Confeção e montagem dos lisímetros

Confeccionaram-se ao todo vinte e um lisímetros, constituídos de caixas de fibra de vidro com capacidade de 0,5 m³, os diâmetros da face superior e inferior eram a 1,10 m e 0,90 m, respectivamente, com 0,70 m de altura.

Os lisímetros foram instalados em local coberto com plástico transparente para que o experimento não sofresse influência das chuvas.

O sistema de drenagem de cada lisímetro foi constituído de: a) três tubos de PVC rígido com diâmetro igual a ¾ de polegada, perfurados com orifícios de 5 mm de diâmetro e colocados no fundo da caixa; b) uma camada de brita zero de aproximadamente, 10 cm de espessura; c) uma camada de areia lavada de igual espessura e d) uma tubulação interligando

o sistema de drenagem a parte externa do lisímetro onde foram realizadas coletas para análise da água.

3.4 – Material de solo e preenchimento dos lisímetros

O solo foi coletado nas proximidades da Universidade Federal de Campina Grande, sendo classificado, edafologicamente, como um Regossolo, de acordo com Embrapa (2001). O material foi seco ao ar, destorroado e passado na peneira de 4,00 mm. Foram retiradas amostras para análises químicas e físicas e para avaliação da fertilidade e salinidade inicial do solo. Os resultados encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Em cada lisímetro foi colocado 0,36 m³ de material de solo passado na peneira de 4,00 mm. A acomodação do solo nos lisímetros foi obtida através de saturação realizada de baixo para cima, ou seja, a partir do ponto de descarga.

3.5 – Fertilizantes

No experimento com a mamona (*Ricinus Communis L.*) utilizou-se dois tipos de fertilizantes: químico e biofóssido. As fontes de fertilizantes químicos foram: sulfato de amônio (20% N); cloreto de potássio (60% K₂O) e superfosfato (45% P₂O₅), com objetivo de elevar a fertilidade do solo. Foram realizados uma adubação de fundação no 01/03/2002 com os três elementos e duas de cobertura nos dias 29/04/2002 e 24/05/2002 apenas com sulfato de amônio, utilizando-se as seguintes dosagens na fundação: 15 Kg N/ha, 30 Kg P₂O₅/ha, 60 Kg K₂O/ha e na cobertura 40 Kg N/ha.

Para os lisímetros adubados com biofóssidos, seguiram-se recomendações de (Tsutiya, 2001). Utilizou-se como biofóssido o lodo de esgoto obtido da digestão anaeróbia do esgoto doméstico em um reator UASB (local para tratamento de água) desidratada ao sol, por um período de 60 dias, em leito de secagem constituído de tanque provido de sistema de drenagem composto por uma camada de 10 cm, uma camada de areia de igual espessura e uma tela e na parte inferior drenos, por onde era percolado o excesso de umidade.

As análises físicas e químicas do lodo seco (Tabela 3.1), foram média de três repetições, e estão expressos em relação à porcentagem de matéria seca a 105°C. Estas análises foram realizadas segundo metodologia proposta pela Standard Methods for Examination of Water and Wastewater para lodo (APHA, 1995).

Tabela 3.1 – Características físicas e químicas do lodo de esgoto digerido

Sólidos Totais	Umidade	PH	M.O	N	P	K	Ca	Mg
34,46 %	65%	6,6%	52,42%	2,64%	1,78%	0,38%	3,4%	0,97%

Análises realizadas no laboratório do PROSAB – Campina Grande – PB – Brasil - 2002

Fonte: Nascimento, 2003.

3.6 – Água de irrigação

Utilizou-se no experimento com a mamona, dois tipos de água: de abastecimento e água residuária. A água de abastecimento público proveio de abastecimento de água do município de Campina Grande – PB – Brasil. A água residuária, utilizada era efluente decantado de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), o qual trata o esgoto bruto doméstico proveniente de bairros circunvizinhos à região do Catolé, localizado no município de Campina Grande – PB – Brasil.

3.7 – Delineamento experimental e tratamentos utilizados na cultura da mamona e do milho

O delineamento utilizado no experimento com o milho foi o mesmo com o da mamona, ou seja, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema de análise fatorial $[(2 \times 3) + 1]$ com três repetições, sendo os fatores dois tipos de água (de abastecimento e residuária tratada) e três doses de bio sólido (0, 75 e 150 Kg/ha), com base na necessidade de nitrogênio da cultura) e uma testemunha na qual se usou fertilizante químico na fórmula NPK definiram, assim, os tratamentos a seguir:

T1 ou A₁Q₁- Testemunha: refere-se aos lisímetros que foram irrigados com água de abastecimento e o solo adubado com fertilizante químico seguindo recomendações do laboratório de solos da Embrapa Algodão;

T2 ou A₁L₀ – refere-se aos lisímetros irrigados com água de abastecimento e sem receber adubação;

T3 ou A₂L₀ - refere-se aos lisímetros irrigados com água residuária e sem receber adubação;

T4 ou A₁L₁ – refere-se aos lisímetros irrigados com água de abastecimento e com o solo adubado com bio sólido na dose 75 Kg/ha, ou seja, 1,0 vez a quantidade recomendada;

T5 ou A₂L₁ – refere-se aos lisímetros irrigados com água residuária e com o solo adubado com bio sólido na dose 75 Kg/ha, ou seja, 1,0 vez a quantidade recomendada;

T6 ou A₁L₂ – refere-se aos lisímetros irrigados com água de abastecimento e com o solo adubado com bio sólido na dose 150 Kg/ha, ou seja, 2,0 vezes a quantidade recomendada;

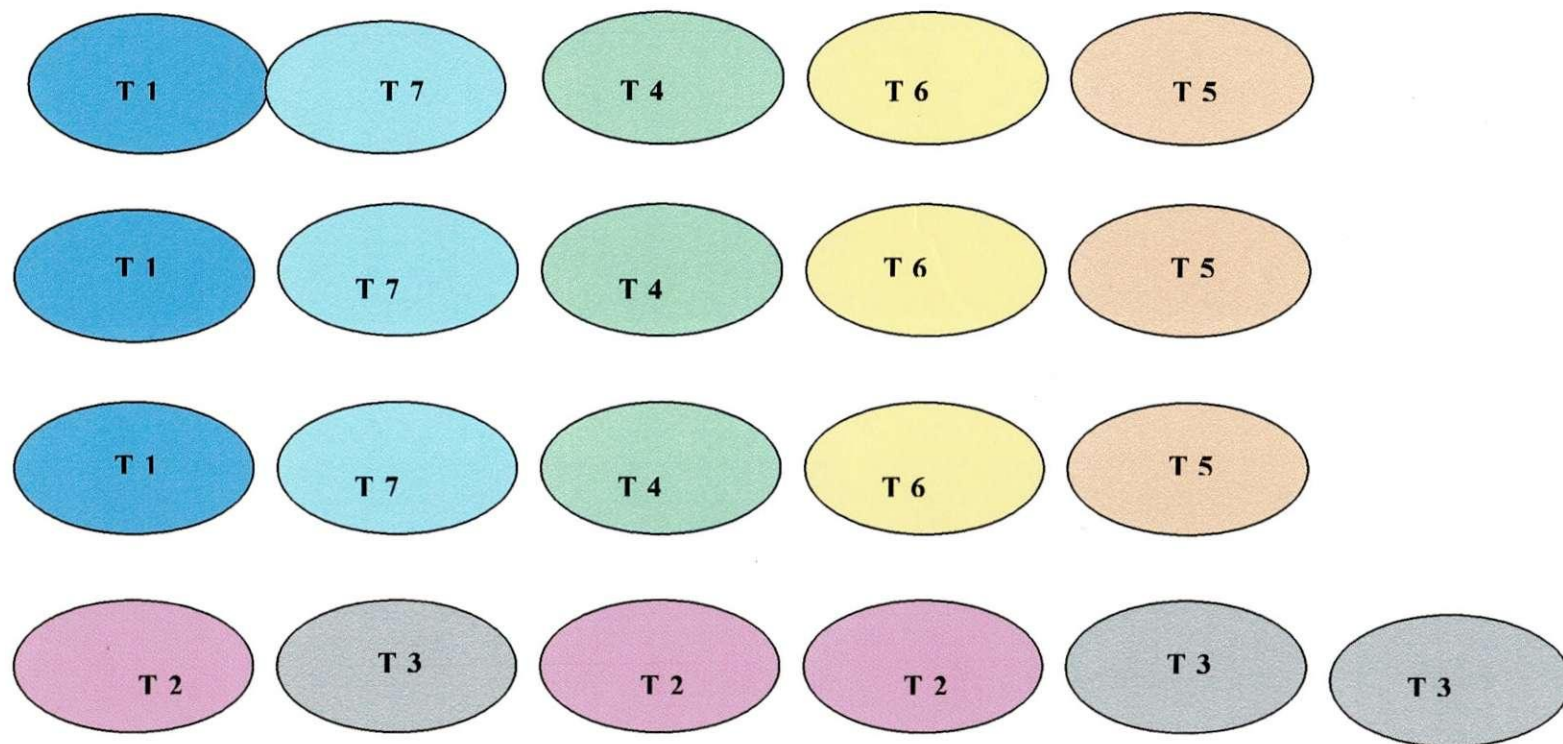


Figura 3.1 – Vista superior dos tratamentos distribuídos nos lisímetros.

3.8 – PROCEDIMENTO COM A CULTURA DO MILHO

3.8.1 - Plantio e tratamentos culturais

O plantio foi realizado no dia 20 de junho de 2003, onde antes o solo foi colocado na capacidade de campo até a drenagem completa dos lisímetros (unidade experimental). Foram usados na adubação da testemunha relativo fertilizantes químicos, nas dosagens de 15 Kg N/ha, 80 Kg P_2O_5 /ha e 60 Kg K_2O /ha, colocados na fundação, utilizando-se como fontes o sulfato de amônio (20% N), superfosfato triplo (45% P_2O_5) e o cloreto de potássio (60% K_2O) respectivamente. O nitrogênio foi aplicado também em cobertura no dia 19/08/2003, na dose de 15 Kg N/ha. As dosagens dos fertilizantes químicos utilizados por lisímetro, correspondem a 17,8 g de superfosfato triplo, 10,0 g de Kcl e 15,0 g de sulfato de amônio. No tratamento testemunha absoluta (A_1L_0) não se adubou, apenas colocou-se água de abastecimento e nos tratamentos (A_1L_1 e A_1L_2) irrigou-se com água de abastecimento e adubou-se com lodo e nos demais colocou-se água residuária com lodo, avaliando-se, assim, o efeito residual (água e lodo), usado na mamona, no cultivo do milho.

O plantio foi realizado de forma manual em covas espaçadas de 20 cm em cada lisímetro. Na semeadura utilizaram-se cinco sementes por lisímetro, onde em cada cova, com 3 cm de profundidade foi semeada uma semente, totalizando assim, cinco covas por lisímetro.

A germinação das sementes ocorreu em 26/06/2003, aos 6 dias após o plantio. Após a germinação, no dia 05/07/2003, fez-se o desbaste, deixando-se duas plantas por lisímetro, o que resultou num total de 42 plantas nos 21 lisímetros (Figura 3.2).



Figura 3.2 – Total de plantas (duas plantas por lisímetro). Diferenças no crescimento e desenvolvimento dos sete tratamentos.

No controle às pragas foi usado como estratégia a monitoração semanal, através de vistoria nas plantas e o controle químico, através de inseticida do tipo LANNATE BR (methamyl) 215 g/l. Produto comercial Lannate® carbamato na dosagem de 0,6 l/ha do produto comercial (equivalente a 129 g/ha do princípio ativo), aplicado segundo recomendações do fabricante, em função do tipo de praga, crescimento e desenvolvimento da cultura. A praga que atacou o milho foi a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

3.8.2 - Cultivar utilizada no experimento

A cultivar utilizada no experimento foi a BR-106, ciclo de 120 dias, safra 2002. As sementes utilizadas, com 98% de pureza e 90% de germinação, foram produzidas pela Empresa Santa Helena (produtora Japonesa) em São Paulo-SP. Este milho é utilizado para silagem, produção de milho verde e de grãos. Caracteriza-se por apresentar porte alto, grãos com formatos variados, cor vermelho, devido à aplicação de neantina (produto utilizado para proteger os grãos armazenados). Estas informações foram colhidas, através de um técnico da farmácia veterinária, onde o milho foi comprado e através do folheto informativo anexado ao saco do mesmo.

3.8.3 - Água utilizada na cultura do milho

Como o experimento objetivou avaliar o efeito residual do biossólido e da água residuária aplicados na mamoneira no crescimento e desenvolvimento do milho e no ambiente edáfico, usou-se apenas água de abastecimento, irrigando-se com regador, onde o volume utilizado nos dois primeiros meses foi de 2 litros, no terceiro mês, 3 litros e no quarto mês foi utilizado nos primeiros 15 dias, 4 litros e nos outros quinze dias 6 litros. Os volumes de água utilizados foram de acordo com o índice de evapotranspiração da cultura, mantendo-se o solo na capacidade de campo (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Água de abastecimento utilizada no milho BR-106

3.8.4 - Medição das variáveis de crescimento

No acompanhamento do crescimento e desenvolvimento do milho foram feitas medições (a cada 15 dias, após a emergência das plântulas) da altura, diâmetro caulinar, número de nós, comprimento e largura das folhas (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Medição do comprimento da área foliar

A medição das folhas se resumiu à apenas uma folha, quando todas as plantas de milho atingiram a oitava folha, obtendo-se, assim, a área foliar por planta (AF/P), pois até então tinha apenas a área foliar por folha (AF/F), de acordo com a metodologia de Pearce et al (1975). Para essas medições foram usados paquímetro, fita métrica, régua milimetrada, e tabelas para anotações dos dados. No final obteve-se uma média de todas as variáveis. Na análise de componentes da produção, foram colhidas todas as espigas e todas as plantas (parte aérea e raízes), sendo estas últimas, removidas com o solo seco e lavadas até eliminar todo o solo, depois foram colocadas em sacos de papel, devidamente identificados para secar ao sol e assim fazer a parte de produção de acordo com as variáveis analisadas e obtendo-se um valor médio para cada unidade experimental.

3.8.5 - Descrição das variáveis analisadas

3.8.5.1 - Variáveis analisadas no solo

Foram analisadas características físicas e químicas do solo, sendo essas características analisadas antes do plantio do milho e no final do seu ciclo. As características químicas se referiram à salinidade e a fertilidade. As variáveis referentes à salinidade foram: pH, condutividade elétrica (C.E), sódio, potássio, sulfato, cálcio, magnésio, carbonatos, bicarbonatos, cloreto, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PIS). As variáveis referentes à fertilidade foram: pH, fósforo total, potássio, sódio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocáveis), carbono, matéria orgânica e nitrogênio total; e as variáveis referentes aos micronutrientes foram: boro, cobre, ferro, manganês e zinco. As variáveis físicas foram: granulometria – (areia, silte e argila), textura, densidade aparente, densidade real, porosidade, umidade. As análises físicas iniciais foram feitas no Laboratório de Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Campina Grande - PB – Brasil. E as finais químicas, bem como as iniciais foram feitas no Laboratório de Química e Fertilidade da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em Areia – PB – Brasil.

3.8.5.2 - Variáveis analisadas da água

Foram feitas duas análises da água, sendo uma no início do ciclo do milho, usando água residuária proveniente do esgoto doméstico de Campina Grande e a outra proveniente do abastecimento público. A outra análise no final usaram-se as águas de abastecimento e residuária que foram drenadas dos lisímetros. As variáveis analisadas foram: demanda química de oxigênio, condutividade elétrica, alcalinidade, fósforo total, sólidos suspensos totais, sólidos totais, absorvância de nitrato, absorvância de nitrito, ortofosfato, magnésio e cálcio. As análises foram feitas no Laboratório de Análises de Pesquisas do Programa de Saneamento Básico (PROSAB) em Campina Grande - PB – Brasil.

3.8.5.3 - Variáveis de crescimento do milho

O efeito residual do biossólido e da água residuária que foram aplicados na mamoneira no cultivo do milho foram avaliados, através das variáveis: altura da planta, diâmetro caulinar, número de nós e área foliar. Para isto, utilizou-se a metodologia proposta por Beltrão et al.(2001), baseada em análise não destrutiva (medições periódicas da altura da planta, diâmetro caulinar, comprimento e largura da oitava folha). A área foliar das plantas foi

determinada inicialmente em todas as folhas, obtendo-se a AF/F, quando todas as plantas atingiram a oitava folha foi determinada à área foliar apenas da mesma, obtendo-se a AF/P. A AF/F e a AF/P foram calculadas segundo as equações propostas por Pearce et al (1975), ou seja:

$$\{\text{Área foliar/folha (AF/F) \setminus todas as folhas} = C \times L \times 0,75\}$$

$$\{\text{Área foliar/planta (AF/P) \setminus oitava folha} = AF/F \times 9,39\}$$

3.8.5.4 - Componentes da produção do milho

As componentes da produção analisadas foram: peso seco de fitomassa total (parte aérea e raízes), número de espigas, comprimento das espigas, peso seco das palhas, peso seco das espigas sem palha (grãos + sabugo), peso seco dos sabugos, peso seco dos grãos, peso seco de 100 sementes e número de grãos (Figura 3.5).

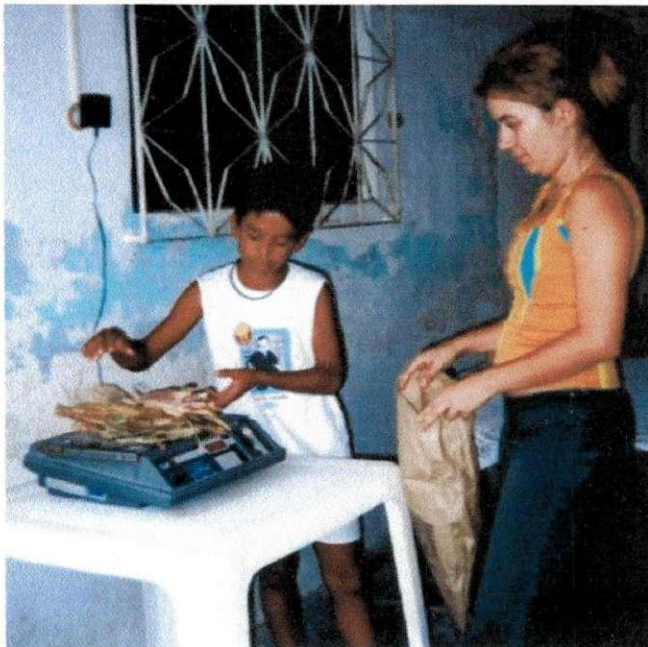


Figura 3.5 – Peso seco de fitomassa total

3.9 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das variáveis determinados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico **ESTAT** (Sistema para Análises Estatísticas) – UNESP – FCAV – Campus de Jaboticabal. O nível de significância foi analisado através do teste “F”. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1– Condições iniciais dos atributos físicos e químicos do solo no experimento com a mamona

4.1.1 – Atributos físicos

Na Tabela 4.1 é apresentada a caracterização físico-hídrica do solo, que pelos resultados obtidos é classificado como franco-arenoso apresentando 78,54% de areia, 3,65% de silte e 17,81% de argila. A densidade aparente, encontrada foi de 15,6 Kg/cm³, este valor está de acordo com intervalo apresentado por Silva (1999) que é de 13 - 18 Kg/dm³ em solos de textura franco arenoso a arenoso. A densidade real ou densidade das partículas que, é função da natureza mineralógica do solo foi de 27,3 Kg/m³ e de acordo com Kiehl (1979), encontra-se entre os limites adequados (23,0 e 29,0 Kg/m³).

A porosidade é segundo Hillel (1980) o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos do ar e da solução do solo, condicionando, portanto, seu comportamento físico-hídrico. A porosidade total encontrada para o solo foi de 42,86%, este valor, segundo Brady (1989) situa-se na faixa adequada, que é de 35 a 50%.

A água disponível para as plantas foi de 3,24. Este representa a quantidade de água que o solo contém entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (LOPES, 1989).

4.1.2 – Atributos químicos

As características químicas do solo apresentadas na Tabela 4.2 mostram baixos teores de matéria orgânica (2,79 g/kg), os quais de acordo com Tomé Júnior (1997), indicam solos de baixa capacidade de troca de cátions (CTC) total e efetiva, alta possibilidade de lixiviação de bases de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), maior risco de efeitos danosos de adubos altamente salinos, e possibilidade de ocorrência de deficiência de enxofre e micronutrientes. O valor encontrado para o pH foi de 6,8 e, está dentro da faixa ideal do solo, para a mamoneira, que é em torno de 6,0-7,0 (NETO et al, 2001). O teor de fósforo

encontrado foi de 0,004 Kg/ ha, onde foi considerado muito baixo. Enquanto o teor de cálcio 0,85 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ foi baixo. Já os teores de magnésio 0,50 $\text{cmol}_c / (\text{dm}^3)$ e de potássio 0,148 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ foram classificado como médio. O sódio 0,179 $\text{cmol}_c / (\text{dm}^3)$ ficou um pouco acima do teor adequado (TOMÉ JÚNIOR, 1997).

Tabela 4.1 - Características físico-hídricas do material do solo utilizado no início do experimento com a mamona

Características Físico-hídricas		Valor
Granulometria (g/Kg)	Areia	78,54
	Silte	3,65
	Argila	17,81
Classificação Textual		Franco Arenoso
Densidade aparente (g.cm^{-3})		1,56
Densidade Real (g.cm^{-3})		2,73
Porosidade (%)		42,86
Tensão (KPa)	10,1 (capacidade de campo)	10,13
	33,33	8,18
	101	2,97
	505	2,10
	1010	1,92
	1515 (ponto de murcha)	1,82
Água Disponível (%)		6,36

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande – PB – 2002.

Fonte: Nascimento, 2003.

Tabela 4.2: Características químicas do material de solo utilizado no início do experimento com a mamona

Características Químicas		Valor
Complexo Sortido ($\text{cmol}_c \cdot \text{Kg}^{-1}$)	Cálcio	8,5
	Magnésio	5,0
	Sódio	1,79
	Potássio	1,48
	Hidrogênio	5,0
Carbono Orgânico (g.Kg)		16,20
Matéria Orgânica (g.Kg)		27,93
Nitrogênio Total (mg. Kg)		2,45
Fósforo Total ($\text{mg} \cdot \text{dm}^3$)		4,33
pH do extrato de saturação		6,8
Condutividade elétrica do extrato de saturação ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)		0,82
Extrato de saturação ($\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$)	Sódio	3,58
	Potássio	0,46
	Enxofre	107,66
	Cálcio	2,0
	Magnésio	2,5
	Carbonato	0
	Bicarbonato	1,5
	Cloreto	4,9
Relação de Adsorção de Sódio		2,39
Porcentagem de sódio trocável		2,21
Classificação em relação a salinidade		Normal

Análises realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III – Areia – PB - 2002.

Fonte: Nascimento, 2003.

4.2 – CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS UTILIZADAS NA IRRIGAÇÃO NO FINAL DO EXPERIMENTO COM A MAMONA E INÍCIO DO EXPERIMENTO.

Alguns tipos de água podem ser utilizados na agricultura sem provocar efeitos danosos ao solo, as culturas e aos trabalhadores, enquanto que outros tipos podem, serem prejudiciais. Para se ter certeza de que a água é adequada para irrigação de um

certo tipo de cultura e de um solo é necessário analisar as suas características físico-químicas e microbiológicas.

Na Tabela 4.3 encontram-se as características físico-químicas da água de abastecimento da cidade de Campina Grande, utilizada nos experimentos com a mamona e com o milho. De acordo com Ayers e Wescot (1999) a água é classificada como de baixa salinidade, com condutividade elétrica de 0,59 dS/m. Esta água pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade, pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e em quase todos os tipos de solo. O pH está dentro da faixa ideal com valores de 6,5 – 8,4. Os teores de cálcio, bicarbonatos, nitrogênio amoniacal, nitrato e ortofosfato estão na faixa dos valores considerados adequados para águas usadas na irrigação (AYERS e WESCOT, 1999).

Tabela 4.3 - Composição físico-química da água de abastecimento usada no experimento com a mamona e com o milho.

PH	C.E. (dS.m ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	HCO ₃ (mg.L ⁻¹)	Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)
7,89	0,59	30	76	66,92	80	113
Amônia (mg.L ⁻¹)	Nitrito(mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)	Sólidos totais (mg.L ⁻¹)
0,88	0,00	0,18	0,09	0,05	5	454

Análises realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do PROSAB – Campina Grande – PB – 2002. Fonte: Nascimento, 2003.

Na Tabela 4.4 são apresentadas características físico-químicas da água residuária, proveniente dos esgotos domésticos de Campina Grande, PB.

A água residuária apresentou condutividade elétrica de 1,36 dS/m, sendo classificada por Ayers e Wescot (1999) pelo grau de restrição a salinidade como moderada, não podendo ser usado em solos de drenagem deficiente. Mesmo nos de boa drenagem, pode-se necessitar de práticas especiais de controle de salinidade e devem-se plantar somente os vegetais tolerantes aos sais, para alcançar o potencial máximo de rendimento.

As concentrações de cálcio e bicarbonatos foram de 135 mg/L, e 282 mg/L respectivamente e assim como na água de abastecimento estão nos limites estabelecidos pelo

autor acima citado. Já o magnésio apresentou um teor acima do adequado para ser usado na água de irrigação, que segundo Ayers e Wescot (1999) é de 0 a 60 mg/L.

O pH de 7,79 está na faixa considerada como adequado, evitando sérios problemas de nutrição e toxicidade para as plantas, bem como problemas de incrustações e corrosões nos sistemas de irrigação (DUARTE, 2002).

Os elevados teores de fósforo, matéria orgânica, nitrogênio amoniacais verificados na água residuária provém do uso de sabões e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição. Essas concentrações elevadas podem contaminar o meio ambiente. Porém a utilização dessa água na agricultura promove o restabelecimento de nutrientes no solo, resultando em uma reserva destes fertilizantes, os quais possuem uma grande importância econômica na produção de culturas (FEIGIN et al, 1991).

Tabela 4.4 - Composição físico-química da água residuária usada no experimento com a mamona e o milho

PH	C.E. (dS.m ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	HCO ₃ (mg.L ⁻¹)	Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)
7,79	1,36	197	134	282	350	135
Amônia (mg.L ⁻¹)	Nitrito(mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)	Sólidos totais (mg.L ⁻¹)
45	0,02	0,47	5,51	4,79	36	877

Análises realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do PROSAB – Campina Grande – PB – 2002.

Fonte: Nascimento, 2003.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO APÓS O TÉRMINO DO EXPERIMENTO COM A MAMONA E INÍCIO DO EXPERIMENTO

Após o cultivo da mamoneira irrigada durante 9 meses, com água de abastecimento e residuária e adubada com biofósforo, o solo foi novamente analisado, para avaliar a evolução dos seus atributos e dá início ao experimento com o milho.

4.3.1– Atributos físico-hídricos do solo

Na Tabela 4.5 constam as estatísticas para os componentes textuais do solo (areia, silte e argila), e para as características: umidade, porosidade, densidade real e densidade aparente. Observa-se que a umidade, importante característica para o desenvolvimento das culturas, foi fortemente influenciada pelo tipo de água. A umidade do solo foi maior com o uso de água residuária e a adubação com 150 Kg/ha, conforme a Tabela 4.6, considerando-se o desdobramento da interação entre esses dois fatores.

Mudanças nas outras características, provavelmente não ocorreram devido ao curto período de tempo de desenvolvimento do experimento. Isto está de acordo com observações realizadas por Marciano (1999), que estudando os efeitos da incorporação de doses crescentes de bio sólido a um Latossolo Vermelho-Amarelo, detectou efeito mais expressivo no segundo ano do experimento.

4.3.2- Atributos químicos do solo

Apresenta-se na Tabela 4.7, os dados obtidos para a análise de variância da fertilidade do solo, verifica-se que a matéria orgânica sofreu alterações significativas para o fator tipo de água. Evidenciando-se na Tabela 4.8, onde são apresentadas as médias dessa variável, a importância da irrigação com água residuária, a qual provocou um aumento na matéria orgânica do solo em 26% em relação a água de abastecimento. Mesmo com esse aumento o solo ainda apresenta nível baixo de matéria orgânica, segundo Tomé Júnior (1997). Um nível adequado de matéria orgânica é benéfico ao solo, pois melhoram as condições físicas, aumentam a retenção de água, diminuem as perdas por erosão e fornecem nutrientes para as plantas (LOPES, 1989).

Com relação ao nitrogênio, nutriente essencial para o crescimento das plantas (RAIJ, 1991), observa-se valores significativos pelo teste F, para o fator tipo d'água usada na irrigação. Com as médias obtidas na Tabela 4.8, verifica-se que a irrigação com água residuária ocasionou um acréscimo de nitrogênio no solo em 88%, quando comparado com a água de abastecimento. Resultados similares foram encontrados por Ros et. al. (1993), que estudando doses de bio sólidos aplicado a um solo franco-arenoso e cultivado com milho, verificou um aumento de nitrogênio com o aumento as doses de bio sólido.

Foi constatada diferença estatística para a variável fósforo entre os solos dos tratamentos, nos quais se utilizou água residuária. Isto ocorreu, provavelmente devido ao elevado teor de fósforo contida nesse tipo de água. As médias obtidas na Tabela 4.8

apresentam um incremento de 76% no teor de fósforo nos lisímetros irrigados com água residuária. Com esse incremento o solo passou a ter um nível médio do teor de fósforo. De acordo com Raij (1991), um suprimento adequado deste nutriente promove um bom desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, a boa formação de frutos e a precocidade da produção.

O potássio e o cálcio do solo não foram afetados pelo tipo de água usada, conforme pode ser visto na Tabela 4.7, no entanto, o cálcio apresentou efeito significativo para o contraste fatorial vs testemunha.

Na mesma tabela observando-se os teores de sódio, os quais foram significativos em relação ao tipo de água, e ao contraste fatorial vs testemunhas. Com as médias obtidas na Tabela 4.8, observa-se que a disposição da água residuária ocasionou um aumento de 80% no teor de sódio no solo, passando este a ter um nível muito elevado. Isto pode ter ocorrido devido ao elevado teor deste elemento geralmente presentes na água residuária. Tomé Júnior (1997) afirma que quando as concentrações de sódio forem significativas, particularmente, ele pode ter efeitos adversos sobre a produtividade das culturas, seja diretamente dificultando a absorção de água e de nutrientes para as planta, ou indiretamente, pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando desestruturação do solo e prejudicando a infiltração de água, oxigênio e crescimento das raízes.

Quanto ao magnésio, observa-se, que o mesmo foi afetado apenas pelo tipo de água usada, e isto se deu devido à água residuária que possui um teor de magnésio mais elevado que a água de abastecimento (Tabelas 4.3 e 4.4).

De acordo com os dados obtidos na Tabela 4.7, verificou-se, que não ocorreu significância estatística para as variáveis estudadas, quando a fonte de variação foi o lodo.

4.3.3 – Características de salinidade do solo

A condutividade elétrica do extrato de saturação é utilizada como indicadora da salinidade do solo, já que quanto maior a concentração de sais na solução maior a corrente elétrica que poderá ser transmitida através dela (LIMA, 1998). Verificou-se, de acordo com a Tabela 4.9, valores significativos para a condutividade elétrica, tanto para a água utilizada quanto para o contraste entre fatorial e a testemunha. De acordo com as médias obtidas (Tabela 4.10) observou-se um incremento de 69% na condutividade do solo, quando este foi irrigado com água residuária, este fato merece bastante atenção, já que a mamona é moderadamente sensível a salinidade (AYERS E WESTCOT, 1999). Este incremento ocorreu

provavelmente, devido ao nível de salinidade mais elevado na água residuária (Tabela 4.4). Fonseca (2001) estudando a disponibilidade de nitrogênio e as alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado, detectou aumento na condutividade elétrica do solo pelo uso desta água.

Observa-se na Tabela 4.9 a relação de adsorção de sódio (RAS) e a percentagem de sódio trocável (PST), os quais sofreram efeito significativo entre o tipo de água utilizado, a interação entre os fatores e o fatorial vs testemunhas. Este resultado corrobora com as observações registradas para a variável sódio apresentada na mesma tabela.

Para os teores de RAS, PIS e HCO_3 , o desdobramento da interação entre os tipos de água e doses de bio sólidos (Tabelas 10, 11, 12), permitiu afirmar que ocorreu no solo superioridade quando aplicado a dose de bio sólido de 75 Kg/ha e irrigado com água residuária.

De acordo com a Tabela 4.9, não foi constatada diferença estatística para fonte de variação do lodo.

4.3.4 – Micronutrientes no solo

Observa-se na Tabela 4.14 que os micronutrientes cobre, ferro e manganês apresentaram significância estatística entre o tipo de água aplicado. Já o zinco não foi afetado por nenhum tratamento.

Conforme a Tabela 4.15, observa-se que a água residuária promoveu um aumento nos teores de ferro e manganês em cerca de 21% e 29%, respectivamente; com relação à água de abastecimento. Com este incremento no teor de ferro que foi de 34 mg/Kg, passou a ser classificado segundo Malavolta (1997), como adequado para o solo. Já o teor de manganês mesmo com este aumento, ainda ficou um pouco abaixo do nível adequado que é de 5 mg/Kg. Mediante o desdobramento da interação água x doses de bio sólido (Tabela 4.16), observou-se que o teor de cobre no solo quando irrigado com água de abastecimento destacou-se estatisticamente daquele irrigado com água residuária apenas na terceira dose de bio sólido (150 Kg/ha).

Tabela 4.5 - Resumos da análise de variância das variáveis das características físicas do solo: umidade (%), densidade real – D.R (g/cm³), densidade aparente – D.A (g/cm³), porosidade (%), argila (%), silte (%) e areia (%), após o termino do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCEG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002).

FV	GL	Quadrado Médios						
		Umidade	D.R	D.A	Porosida de	Argila	Silte	Areia
Lodo	2	0,0029 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,1263 ^{ns}	1,2022 ^{ns}	0,4998 ^{ns}	2,4163 ^{ns}
Água	1	0,1800 ^{**}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	1,2693 ^{ns}	0,0882 ^{ns}	1,2012 ^{ns}	0,9203 ^{ns}
Lodo x Água	2	0,1137 ^{**}	0,0027 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,2999 ^{ns}	2,1066 ^{ns}	0,9078 ^{ns}	5,7217 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	0,0864 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	31,3203 [*]	3,7165 ^{ns}	3,4634 ^{ns}	0,0176 ^{ns}
Tratamento	6	0,0833 ^{**}	0,0011 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	5,5737 ^{ns}	1,7371 ^{ns}	1,2467 ^{ns}	2,8690 ^{ns}
Erro	14	0,0095	0,0020	0,0005	6,7602	0,8287	1,0880	2,7313
C.V.(%)		21,31	1,69	1,49	6,03	5,10	15,64	2,18

ns F não significativo pelo teste F * F significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ** F significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Nascimento, 2003.

Tabela 4.6 – Valores médios do desdobramento da interação água x doses de bio-sólido para a variável concentração da umidade do solo (%) no experimento com a mamona. (UFCEG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002)

Dose (Kg/ha)	Umidade do solo (%)	
	Abastecimento	Residuária
0	0,4667aA	0,5333abB
75	0,4833 aA	0,5000bA
150	0,2000bB	0,7167bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, sob mesmo tratamento, não diferem, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Fonte: Nascimento, 2003.

Tabela 4.7 - Resumos da análise de variância das variáveis de fertilidade: pH, fósforo total – PT (mg/L), potássio – K (cmol/L), cálcio – Ca (cmol/L), magnésio – Mg (cmol/L), acidez potencial - H⁺+AL³⁺ (cmol/L) carbono – C (g/Kg), matéria orgânica - MO (g/Kg), nitrogênio total – NT (mg/Kg), após o término do experimento com a mamona e início do experimento. (UFCG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002).

FV	GL	Quadrado Médios									
		pH	PT	K	Na	Ca	Mg	H ⁺ +AL ³⁺	Carbonc	MO	Nitrogênio Total
Lodo	2	0,0217 ^{ns}	532,5263 ^{ns}	26,1714 ^{ns}	6500,136 ^{ns}	0,0650 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	14,0600 ^{ns}	14,0600 ^{ns}	41,7540 ⁿ	49,0817 ^{ns}
Água	1	0,6050 ^{ns}	1493,676*	221,2006 ^{ns}	386452,4**	0,0139 ^{ns}	0,2222*	158,4200*	158,4200*	470,7334	805,003*
Lodo x Água	2	0,1250 ^{ns}	522,2487 ^{ns}	83,8428 ^{ns}	7660,650 ^{ns}	0,0072 ^{ns}	0,0172 ^{ns}	26,7800 ^{ns}	26,7800 ^{ns}	79,6464 ⁿ	32,7756 ^{ns}
Fatorial vs Testemunha	1	1,2007*	63,95756 ^{ns}	34,7603 ^{ns}	33672,50**	0,2064*	0,0050 ^{ns}	0,0476 ^{ns}	0,3457 ^{ns}	1,0188 ^{ns}	103,9588 ^{ns}
Tratamento	6	0,3498 ^{ns}	611,1972 ^{ns}	79,3315 ^{ns}	74741,01**	0,0608 ^{ns}	0,0449 ^{ns}	40,0743 ^{ns}	40,0743*	119,0922	345,4461 ^{ns}
Erro	14	0,1381	286,4746	124,2069	2638,781	0,0238	0,0267	0,0219	12,6343	37,5486	159,2150
C.V.(%)		4,92	120,37	22,03	25,70	11,35	17,59	80,69	18,24	18,24	106,33

ns F não significativo pelo teste F * F significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ** F significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Nascimento, 2003.

Tabela 4.8 - Médias das Variáveis de fertilidade: fósforo total – PT (mg/L), sódio - Na (cmol/L), magnésio – Mg (cmol/L), acidez potencial - $H^+ + AL^{3+}$ (cmol/L) carbono - C (g/Kg), matéria orgânica - MO (g/Kg), nitrogênio total - NT (mg/Kg), em função dos tratamentos, após o término do experimento com a mamona e início do experimento.(UFCEG/Prosab. Campina Grande, PB. 2002).

Fatores	Variáveis						
	PT	Na	Mg	HAL	Carbono	M. O	N. T
Tipo de Água							
Abastecimento	5,6644B	69,6678B	0,8111B	0,1556A	16,4667B	28,3900B	2,7611B
Residuária	23,8833A	362,7178A	1,0333A	0,1722A	22,4000A	38,6178A	22,7889A
Dose (Kg/há)							
0	6,9634A	206,6650A	0,9000A	0,1500A	18,6000A	32,0684A	15,6917A
75	25,2367A	252,8200A	0,9167A	0,1650A	21,2000A	36,5483A	9,9750A
150	12,1217A	189,0934A	0,9500A	0,1767A	18,5000A	31,8950A	12,6584A
Fatorial vs Testemunha							
1	14,7739A	216,1928A	0,9222A	0,1639A	19,4333A	33,5039A	12,7750A
2	9,7867A	101,7600B	0,9667A	0,3000A	19,8000A	34,1333A	6,4167A

Para cada coluna e fator, além do contraste, médias possuidoras de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Nascimento, 2003.

Tabela 4.18. Valores médios da variável altura de plantas (cm) em diversos períodos do ciclo de vida do milho em função de doses de lodo e tipos de água. (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias							
	20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Dose de lodo								
0 kg	8,38 b	20,23 b	39,96 b	79,58 b	143,60 b	161,54 b	171,63 b	177,86 b
75 kg	9,04 b	22,92 ab	48,30 ab	108,96 a	198,33 a	217,96 a	223,67 a	224,67 a
150 kg	11,73 a	24,59 a	52,46 a	107,38 a	199,25 a	203,83 a	200,67 ab	211,42 ab
Tipo de água								
Água de abastec.	7,82 b	18,57 b	37,69 b	75,94 b	156,07 b	178,25 b	182,19 b	191,18 a
Água residuária	11,61 a	26,59 a	56,12 a	121,33 a	204,72 a	210,64 a	215,11 a	218,11 a
Testemunha	12,92	31,33	66,00	129,25	217,87	226,83	228,50	225,00

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

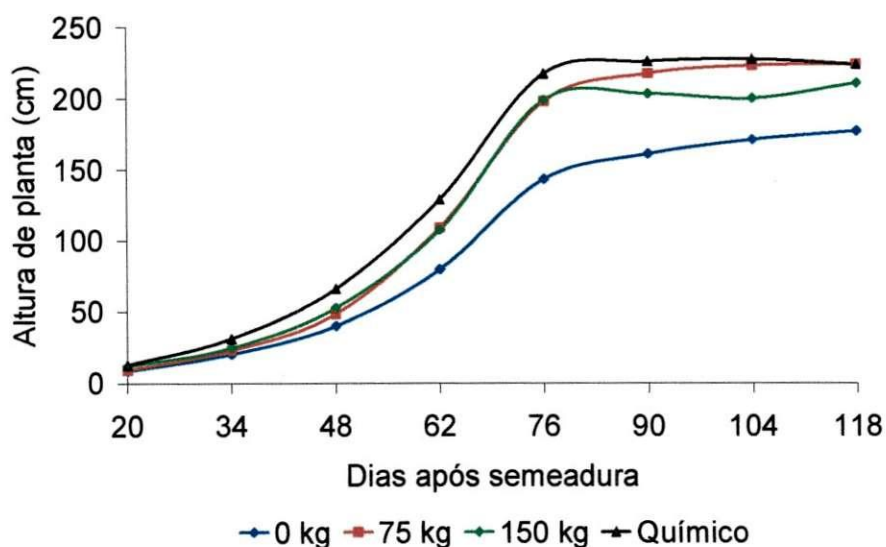


Figura 4.1: Evolução da altura da planta (AP) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

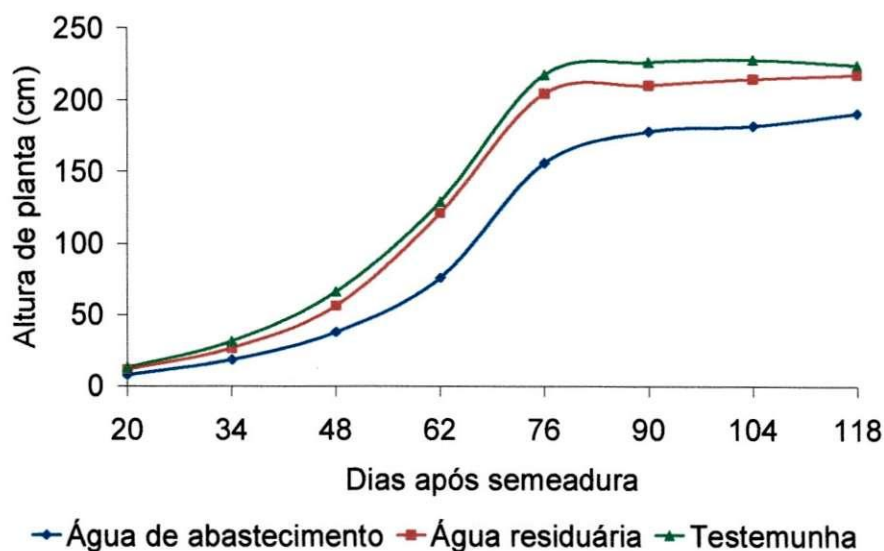


Figura 4.2: Evolução da altura da planta do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

Tabela 4.19. Modelos matemáticos da variável altura de planta. Campina Grande, Paraíba, 2003.

Fonte de variação	Equação	r ²
Dose de Lodo		
0 kg	$Y = 0,014x^3 - 60,124x/x^{1.5} + 111,93 \ln x/x^2$	0,99
75 kg	$Y = 0,862x + 221,725 / (1 + \exp(-(x - 4,304 \ln(2^{(1/0,257^*)} - 1) - 62,40^*) / 4,304^*))^{0,257}$	0,99
150 kg	$Y = 12,756x + 193,585 * (1 - (1 + \exp((x + 10,593 \ln(2^{(1/3,295^*)} - 1) - 61,41^*) / 10,592^*))^{-3,295^*})$	0,99
Tipo de Água		
Água de abastec	$Y = 12,85x + 174,78 / (1 + \exp(-(x - 65,414^*) / 8,063^*))$	0,99
Água residuária	$Y = -0,161x + 214,86 / (1 + \exp(-(x - 3,241 \ln(2^{(1/0,179^*)} - 1) - (59,7^*) / 3,241^*))^{0,179^*})$	0,99
Testemunha	$Y = 226,81 / (1 + \exp(-(x - 2,791 \ln(2^{(1/0,142^*)} - 1) - 59,284^*) / 2,791^*))^{0,142^*})$	0,99



Figura 4.3: Tratamento com adubação química (testemunha relativo), comparado ao que recebeu água de abastecimento e a dose de lodo de 0 kg ha^{-1} (testemunha absoluto).

Verifica-se na Tabela 4.18, que apenas na primeira avaliação (aos 20 DAS) a dose de 150 kg ha^{-1} diferiu da dose de 75 kg ha^{-1} , invertendo-se quando se compara entre os tipos de água, que apenas na última avaliação (aos 120 DAS) não houve diferença entre as águas, uma vez que neste intervalo de tempo houve a estabilização do crescimento, com o nematóide das plantas e assim justificando a semelhança dos resultados. Pela Figura 4.2 interpreta-se que o crescimento da planta em termos de altura de planta a água residuária foi superior em todas as avaliações estudadas, até aos 120 DAS, que não diferiu estatisticamente entre ambas. A altura de planta teve uma grande evolução quando se utilizou à adubação química (testemunha relativo), comparando-se ao tratamento que recebeu água de abastecimento e a dose de lodo de 0 kg ha^{-1} (Figura 4.3).

Para o crescimento caulinar (diâmetro) nas diferentes fases do ciclo cultural (dos 20 aos 120 dias após semeadura), verifica-se através das análises de variância (Tabela 4.20), que houve diferenças significativa ($p \leq 0,01$) para o fator tipo de água apenas aos 20, 34 e 62 DAS, não ocorrendo resposta significativas para as doses e a interação entre os dois fatores L x A. Já no contraste do fatorial versus testemunha observa-se significância apenas aos 34 DAS.

Pela análise estatística aplicada ao diâmetro de caule os modelos que melhores se ajustaram e que melhor explicou o fenômeno de crescimento do milho estão dispostos na Tabela 4.22 Foi verificado que o diâmetro caulinar exibiu a maior espessura nas plantas cultivadas com adubação química até os 62 DAS, decrescendo notoriamente a partir desta, fato justificado pela provável deficiência nutricional, uma vez que, a partir desta data as plantas começaram a emitir a inflorescência, com relação aos demais tratamentos, observa-se um comportamento semelhante de espessura caulinar (Figura 4.4).

Tabela 4.20: Resumos das análises de variâncias, referente a variável diâmetro do caule do milho (mm), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), em função dos fatores doses de lodo e tipo de água residuária, (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios							
		20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Lodo (L)	2	3,05 ns	0,02 ns	12,54 ns	2,36 ns	2,75 ns	4,04 ns	1,56 ns	2,15 ns
Água (A)	1	32,27**	117,81**	3,97 ns	23,35**	11,28 ns	20,69 ns	13,09 ns	35,28 ns
L x A	2	1,04 ns	0,17 ns	0,88 ns	1,05 ns	1,53 ns	4,09 ns	4,28 ns	6,36 ns
Fat vs Testem	1	3,24 ns	64,07**	0,39 ns	3,63 ns	10,31 ns	29,53 ns	10,78 ns	17,53 ns
Tratamento	6	7,28*	30,37**	5,20 ns	5,63 ns	5,03 ns	11,08 ns	5,92 ns	11,64 ns
Resíduo	14	2,34	2,35	12,13	15,04	17,24	17,74	14,25	12,94
CV		25,67	11,46	16,07	14,98	14,64	13,74	11,41	10,38

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ns não significativo, pelo teste F

Tabela 4.21: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável diâmetro do caule (mm). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias							
	20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Dose de lodo								
0 kg	5,28 a	12,62 a	21,78 a	26,00 a	29,42 a	31,97 a	33,76 a	35,72 a
75 kg	6,61 a	12,64 a	20,08 a	25,46 a	28,42 a	31,13 a	33,58 a	34,73 a
150 kg	5,49 a	12,72 a	22,95 a	26,71 a	28,13 a	30,33 a	32,80 a	34,64 a
Tipo de água								
Água de abastec.	4,46 b	10,10 b	21,14 a	24,92 a	27,86 a	30,07 a	32,53 a	33,63 a
Água residuária	7,13 a	15,22 a	22,08 a	27,19 a	29,44 a	32,21 a	34,23 a	36,43 a
Testemunha	6,92	17,65	33,25	38,08	23,50	21,83	22,67	21,00

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

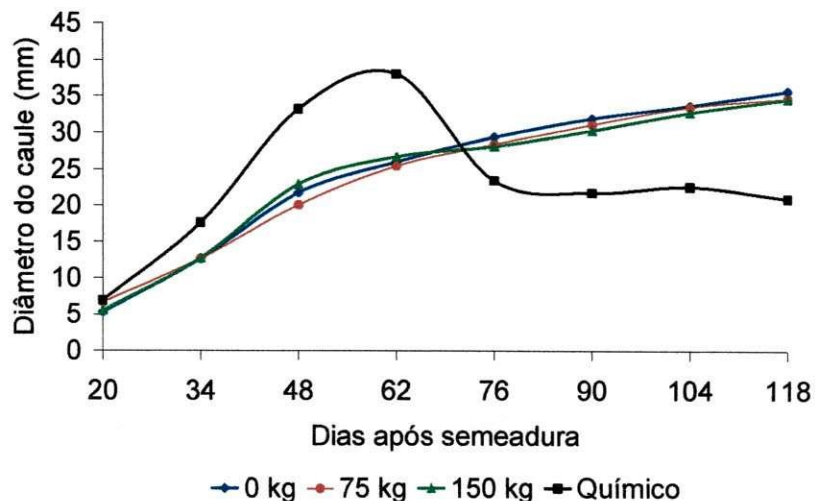


Figura 4.4: Evolução do diâmetro do caule (DC) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

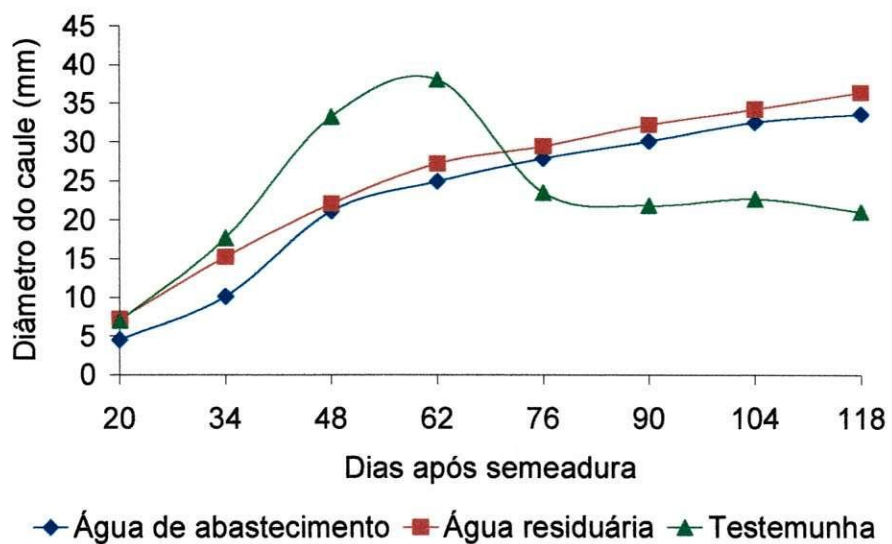


Figura 4.5: Evolução do diâmetro do caule do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

Tabela 4.22. Modelos matemáticos da variável diâmetro do caule. Campina Grande, Paraíba, 2003.

Fonte de variação	Equação	r ²
Dose de Lodo		
0 kg	$Y=13,85*+15,489*((x-34,385*)/43,582*)/((x-34,385*)/43,582*)^{(-0,468)}$	0,99
75 kg	$Y=6,619*+31,12*(1-(1+\exp((x+1,067*\ln(2^{(1/0,026*)}-1)-53,46*)/1,07*))^{(-0,03*)})$	0,99
150 kg	$Y=5,49*+29,09*(1+(0,034*\exp(-2,19*(x-24,199*))-2,19*\exp(-0,034*(x-24,199*)))/(2,19*-0,034*))$	0,98
Tipo de Água		
Água de bastec	$Y=13,594*+14,424*((x-36,401*)/41,423)/((x-36,406*)/41,423)^{(-0,505)}$	0,99
Água residuária	$Y=7,129*+52,311*(1-\exp(-((x+132,79*\ln(2)^{(1/0,552*)}-97,159*)/132,79*)^{0,552*}))$	0,99
Testemunha	$Y=6,77*+(67,09*/4)(1+\operatorname{erf}((x-38,138*+1^{-12}/2)/(2^{(0,5)8,303*}))) (1-\operatorname{erf}((x-38,14*-1^{-12}/2)/(2^{(0,5)86,115*}))$	0,88



Figura 4.6: Desenvolvimento caulinar refletido pela espessura do diâmetro no tratamento com água residuária e dose de lodo a 0 kg/ha, comparado com tratamento utilizando água de abastecimento e dose de lodo a 0 kg /ha.

A Figura 4.5 apresenta um maior crescimento caulinar nas plantas irrigadas com águas residuárias, embora tenha havido apenas diferença significativa entre as águas apenas aos 20, 34 e 62 DAS, como descrito anteriormente, verifica-se que o diâmetro médio das plantas irrigadas com água residuárias foram 37,45, 33,64, 4,26, 8,35, 5,37, 6,64, 4,97 e 7,69% superiores ao diâmetro médio das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105

e 120 DAS, respectivamente (Tabela 4.21). As plantas com melhor estado nutricional apresentaram maior espessura, refletido pelo valor do diâmetro caulinar nos primeiros 34 dias da emergência das plântulas, quando se comparada aos dois tipos de águas utilizadas. Observa-se na Figura 4.6 que as plantas que receberam tratamento com água residuária, com dose de lodo a 0 kg/ha apresentaram maior desenvolvimento caulinar refletido pela espessura do diâmetro, quando comparadas com as plantas que receberam água de abastecimento, com a dose de lodo 0 kg/ha.

Nascimento (2003) utilizando água residuária tratada e diferentes doses de lodo (0, 75 e 150 kg) no cultivo da mamona, obteve comportamento semelhante, assim Ferreira (2003) estudando o efeito da aplicação de água residuária tratada na cultura do algodão herbáceo, notou que utilizando água residuária o crescimento caulinar se intensificou em relação a água de abastecimento.

Para a variável área foliar por planta nas diferentes fases do ciclo cultural, verifica-se através das análises de variância (Tabela 4.23), que não houve diferenças significativa para o fator doses de lodo já para o fator tipo de água houve efeito significativo aos 20, 34, 48, 62 e 105 DAS, não ocorrendo resposta significativas para as doses e a interação entre os dois fatores L x A. Já no contraste do fatorial versus testemunha observa-se que não houve significância apenas aos 48 DAS.

Pela análise estatística aplicada a área foliar por planta os modelos que melhores se ajustaram estão dispostos na Tabela 4.25. Foi verificado que a área foliar por planta exibiu o maior crescimento nas plantas cultivadas com adubação química até os 90 DAS, decrescendo notoriamente a partir desta, fato justificado pela provável deficiência nutricional, uma vez que, a partir desta data as plantas começaram a emitir a inflorescência, com relação aos demais tratamento, observa-se um comportamento semelhante ao do crescimento caulinar (Figura 4.7).

Tabela 4.23: Resumos das análises de variâncias, referente a variável AF/P (cm²), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios							
		20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Lodo (L)	2	790,76 ns	43989,57 ns	63417,12 ns	1064930,01ns	143967,69ns	237515,05ns	640242,49ns	334034,14ns
Água (A)	1	33556,91**	1928215,94**	5441953,43**	5453649,43**	1961256,14ns	2192627,41ns	5021259,37*	3156529,13ns
L x A	2	810,25 ns	119,20 ns	732427,13 ns	513114,75ns	465876,60ns	792278,08ns	224486,16ns	797916,48ns
Fat vs Testemunha	1	8066,40**	670908,07**	922054,48 ns	8332416,03**	9206764,01**	9947287,68**	8131972,83**	7948480,61**
Tratamento	6	7470,86**	447890,26**	1325949,40 ns	2823692,49**	2064618,12*	2366583,55*	2480448,25*	2228151,83ns
Resíduo	14	615,83	18721,60	543399,47	414037,02	533522,49	699260,04	724477,92	828402,22
CV		15,64	12,42	14,76	9,70	9,99	11,06	10,65	11,24

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ns não significativo, pelo teste F

Tabela 4.24: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável área foliar por planta (cm²). (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias							
	20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Dose de lodo								
0 kg	138,85 a	942,29 a	4803,58 a	6639,94 a	6874,78 a	7083,15 a	7371,47 a	7578,02 a
75 kg	151,33 a	1029,72 a	5009,15 a	6591,75 a	7180,84 a	7481,07 a	7852,26 a	8026,24 a
150 kg	161,78 a	1113,52 a	4910,34 a	5887,33 a	7069,42 a	7280,30 a	7994,94 a	7929,97 a
Tipo de água								
Água de abastecimento	107,47 b	701,21 b	4357,84 b	5822,57 b	6711,77 a	6932,49 a	7211,39 b	7425,98 a
Água residuária	193,83 a	1355,81 a	5457,54 a	6923,44 a	7371,77 a	7630,53 a	8267,72 a	8263,51 a
Testemunha	206,66	1539,31	5506,51	8173,18	8933,88	9248,34	7951,22	7202,89

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

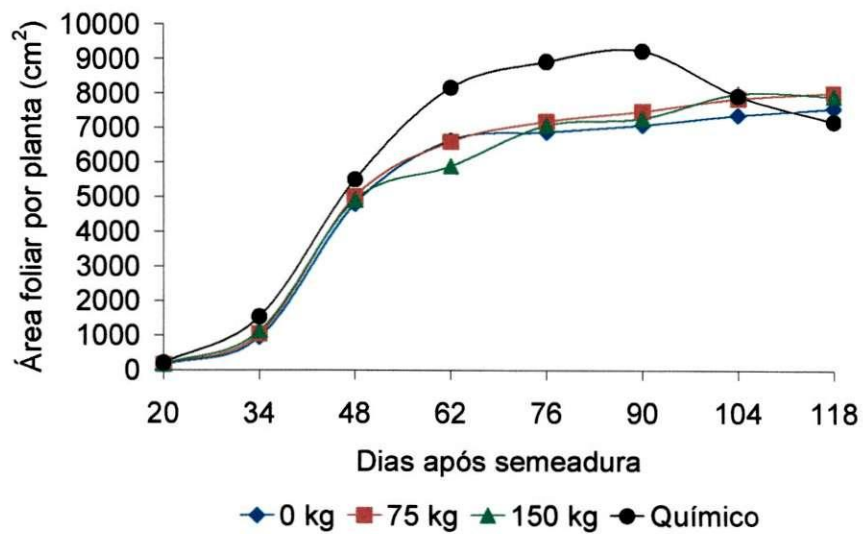


Figura 4.7: Evolução área foliar por planta (AF/P) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

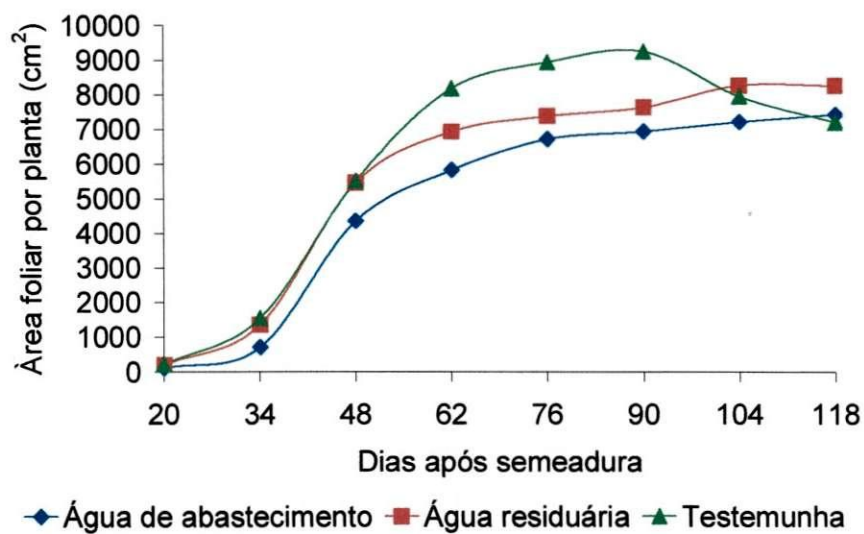


Figura 4.8: Evolução da área foliar por planta (AF/P) do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

Tabela 4.25. Modelos matemáticos da variável área foliar por planta. Campina Grande, Paraíba, 2003.

Fonte de variação	Equação	r ²
Dose de Lodo		
0 kg	$Y=157,02*+225573,87*(\exp(-0,0019*(x-31,961*))- \exp(-0,052*(x-1,961*)))/(0,052*-0,0019*)$	0,99
75 kg	$Y= 78,669*+7620,30*^x \exp(-0.5^x (x-6,89^6 /6,89^6)^{676-456,41})$	0,99
150 kg	$Y=161,78*+7798,86*(1-(1+\exp((x+0,141*\ln(2^{(1/0,007*^e)}-1)-45,36*)/0,141*)))^{0,007*}$	0,99
Tipo de Água		
Água de abastec	$Y= 107,37*+7396,76*(1-\exp(-(x-23,66*\ln(1-2^{(-1/0,72*^e)}))-44,65*)/23,66))^{0,72*}$	0,99
Água residuária	$Y=193,83*+7922,29*(1-(1+\exp((x+0,13*\ln(2(1/0,008*^e)-1)-42,53*)/0,13*)))^{0,008*}$	0,99
Testemunha	$Y= 101,41*+8697,14*^x \exp(-0.5^x (x-87,35* /39,70*)^{4,25})$	0,99

A Figura 4.8 apresenta uma maior área foliar nas plantas irrigadas com águas residuárias, embora tenha havido apenas diferença significativa entre as águas apenas aos 20, 34, 48, 68 e 105 DAS, como descrito anteriormente, verifica-se que a área foliar das plantas irrigadas com água residuárias foram 80, 36, 93,35, 25,23, 18,91, 9,83, 10,07, 14,65 e 11,28% superiores a área foliar das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 DAS, respectivamente (Tabela 4.24). Provavelmente as plantas com melhor estado nutricional, apresentaram maior número de folhas, refletido pelo valor da área foliar nos primeiros 34 dias da emergência das plântulas, quando se comparada aos dois tipos de águas utilizadas.

Na Tabela 4.26, podem-se verificar os resumos das análises de variância dos dados da variável número de nós por planta ao longo do ciclo fenológico do milho. Observa-se que para o fator doses de lodo somente houve efeito significativo para a referida variável aos 20 dias da emergência das plântulas e com interação significativa para o outro fator estudado, tipos de águas (abastecimento) e residuária, efeitos residuais. Observa-se, ainda, que a função linear simples, contraste ortogonal fatorial (efeito médio de todos os tratamentos) “versus” a testemunha, foi significativo para a variável com consideração em vários períodos de tempo, exceto aos 20 e 120 dias da emergência do milho. Na figura 4.9 pode-se verificar que as curvas foram semelhantes para as doses de lodo e a fertilização com adubo químico para a variável número de nós para a planta em função do tempo, sendo que no químico a paralisação ocorreu aos 90 dias da emergência das plântulas.

Tabela 4.26: Resumos das análises de variâncias, referente a variável número de nós (nn), para os períodos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	de GL	Quadrado Médios							
		20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Lodo (L)	2	0,13*	0,43 ns	0,09 ns	1,85 ns	2,26 ns	0,68 ns	1,35 ns	3,39 ns
Água (A)	1	2,00**	2,35*	10,13**	25,68**	22,22**	22,22**	9,39**	13,35**
L x A	2	0,38*	0,09 ns	0,04 ns	4,18**	1,85 ns	1,01 ns	0,68 ns	1,72 ns
Fat vs Testem	1	0,13 ns	1,91*	1,67*	4,76**	5,37*	9,17**	7,63**	2,43 ns
Tratamento	6	0,62**	0,88*	2,01**	7,08**	5,97**	5,80**	3,51**	4,33*
Resíduo	14	0,71	0,27	0,23	0,51	1,00	0,65	0,51	1,05
CV		7,69	9,64	6,36	6,92	7,36	5,20	4,29	5,74

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo, pelo teste F

Tabela 4.27: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para a variável número de nós. (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias							
	20 DAS	34 DAS	48 DAS	62 DAS	76 DAS	91 DAS	105 DAS	120 DAS
Dose de lodo								
0 kg	3,33 b	5,42 a	7,25 a	9,50 a	12,92 a	15,58 a	15,92 a	16,92 a
75 kg	3,25 b	5,00 a	7,50 a	10,50 a	14,08 a	15,33 a	16,58 a	18,42 a
150 kg	3,75 a	5,50 a	7,33 a	10,42 a	13,17 a	14,92 a	16,83 a	17,75 a
Tipo de água								
Água de abastec	3,11 b	4,94 b	6,61 b	8,94 b	12,28 b	14,17 b	15,72 b	16,83 b
Água residuária	3,78 a	5,67 a	8,11 a	11,33 a	14,50 a	16,39 a	17,17 a	18,56 a
Testemunha	3,33	6,17	8,17	11,50	15,50	16,67	16,67	16,67

Em cada coluna e fator médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

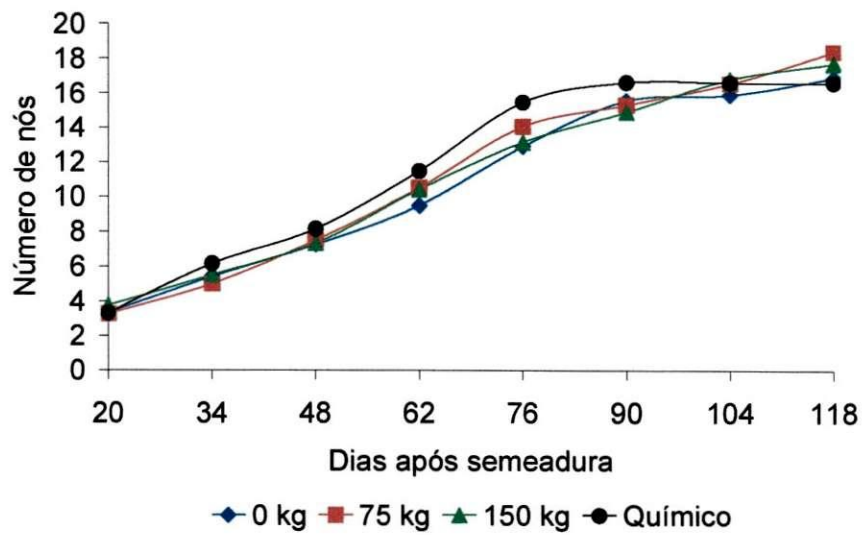


Figura 4.9: Evolução do número de nós (NN) do milho para os tratamentos com lodo e o químico em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

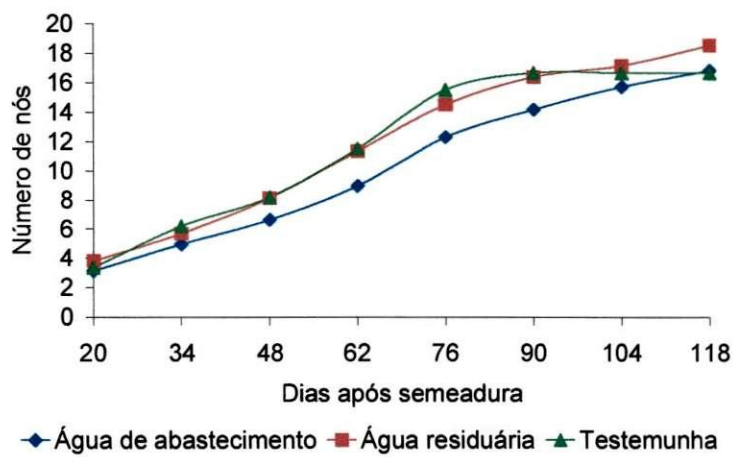


Figura 4.10: Evolução do número de nós (NN) do milho para os tipos de água e a testemunha em função dias após semeadura. Campina Grande - Paraíba, 2003.

Tabela 4.28. Modelos matemáticos da variável número de nós. Campina Grande, Paraíba, 2003.

Fonte de variação	Equação	r ²
Dose de Lodo		
0 kg	$Y=3,154*-0,058*x+0,004*x^2-2,22*^{-5}x^3$	0,99
75 kg	$Y=3,289*+17,468*(1+(0,03*\exp(-0,05*(x-20,234*))) - 0,05*\exp(-0,03*(x-20,234*)))/(0,05*-0,03*)$	0,99
150 kg	$Y=3,69*+0,006*x^2-0,0004*x^{(2.5)}-0,12*x^{(0.5)}\ln x$	0,98
Tipo de Água		
Água de abastec	$Y=3,398*+0,0018*x^2\ln x-0,0007*x^{(2.5)}-0,26*x^{(0.5)}$	0,99
Água residuária	$Y=3,014*-0,31*x\ln x+0,26*x^{(1.5)}-0,01*x^2$	0,99
Testemunha	$Y=4,043*-0,173*x+0,03*x^2-0,005*x^2\ln x$	0,99

Pela análise estatística aplicada a altura de planta os modelos que melhores se ajustaram e que melhor explicou o fenômeno de crescimento do milho estão dispostos na Tabela 4.28. De forma semelhante ao DC, na Figura 4.10 pode ser verificado um maior NN nas plantas irrigadas com águas residuárias, verificando que o NN médio das plantas irrigadas com água residuárias foram 21,54, 14,78, 22,69, 26,73, 18,08, 15,67, 9,22 e 10,28% superiores ao NN das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 20, 34, 48, 62, 76, 91, 105 e 120 DAS, respectivamente, indicando que a fertilização com água residuária incrementou o crescimento das plantas do milho, por promover um maior alongamento e divisão celular, componentes do crescimento (Tabela 4.27). Através da mesma tabela, observa-se que, apenas aos 20 DAS houve diferença entre as doses de lodos estudados, não havendo nos demais períodos de tempo de vida do milho.

4.4.2 VARIÁVEIS DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO

De acordo com os dados da Tabela 4.29, observa-se para as variáveis fitomassa total (FT), número de espiga (NE), tamanho de espiga (TE), peso seco das palhas (PSP), peso das espigas sem palhas (PESP) e peso seco do sabugo (PS) aos 120 DAS da cultura do milho que o lodo influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) apenas no PESP, ao contrário do tipo de água, que houve efeitos significativos para todas as variáveis descritas. Considerando a interação entre os

fatores estudados, doses de lodo e tipos de água, na tabela 4.29, pode ser verificado que somente não houve significância estatística para as variáveis fitomassa total e número de espigas/planta, um dos componentes de produção do milho, indicando independência entre os fatores estudados. Com relação ao contraste do fatorial versus testemunha constatou-se que houve diferenças significativas somente para as variáveis FT e PSS.

Tabela 4.29: Resumos das análises de variância, referentes as variáveis fitomassa total (FT), número de espiga (NE), tamanho da espiga (TE), peso seco das palhas (PSP), peso das espigas sem palhas (PESP), peso seco do sabugo (PS), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho em função dos fatores lodo e tipos de água, efeitos residuais. (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios					
		FT ¹ (g)	NE ¹ (N ^o)	TE (cm)	PSP ¹ (g)	PESP ¹ (g)	PSS ¹ (g)
Lodo (L)	2	7,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}	83,26 ^{ns}	1,16 ^{ns}	11,89*	1,70 ^{ns}
Água (A)	1	145,05**	0,18*	1128,12**	17,08**	177,61**	19,68**
L x A	2	10,74 ^{ns}	0,02 ^{ns}	243,57*	4,91**	19,99**	2,85*
Fat vs Testem	1	61,66**	0,00 ^{ns}	77,78 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,59 ^{ns}	2,70*
Tratamento	6	40,66**	0,04 ^{ns}	309,93**	5,24**	40,49**	5,24**
Residuo	14	4,64	0,02	60,08	0,73	2,69	0,50
CV(%)		11,20	13,80	23,40	16,96	14,81	13,33

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo, pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Tabela 4.30: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis fitomassa total (FT) e número de espiga (NE) aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias	
	FT	NE
Dose de lodo		
0 kg	18,87 a	1,13 a
75 kg	19,46 a	1,11 a
150 kg	17,25 a	1,04 a
Tipo de água		
Água de abastecimento	15,69 b	1,19 a
Água residuária	21,36 a	0,99 b
Testemunha	23,49	1,08

Em cada coluna e fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observando-se a FT na Tabela 4.30, verifica-se que houve diferenças significativas entre os tipos de águas, sendo que o valor observado na água residuária foi 26,54% superior ao encontrado na água de abastecimento, estando este aumento relacionado à presença de maior quantidade de nutrientes na água, à disposição das plantas, efeito residual já no NE, nota-se que a água de abastecimento se sobressaiu 16,80% quando comparado com água residuária. Em outras variáveis não houve efeitos significativos para doses de lodo, indicando que não foi suficiente para alterar o crescimento das plantas de milho.

Na Tabela 4.31 encontram-se as análises de variância do desdobramento da interação L x A das variáveis TE, PSP, PESP e PS do milho aos 120 dias após semeadura. Verifica-se que houve diferenças significativas, entre os tipos de águas em relação às doses de lodo de 0 (L_1) e 75 $kg\ ha^{-1}$ (L_2), e com relação ao outro tipo de água, observou-se que houve diferenças significativas entre as doses de lodo dentro da água de abastecimento (A_1) para as variáveis PESP e PSS ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Entre as doses de lodo dentro da água residuária (A_2), houve algumas diferenças significativas como pode ser observado na tabela 4.31. Verificou-se de um modo geral, que a interação significativa entre os fatores estudados, ocorreu de forma diferenciada, dependendo da variável em consideração, sendo significativa a nível de 1% pelo teste F para o fator tipo de água

dentro das doses zero e 75 kg/há o que denota que o tipo de água influenciou nas variáveis de maneira marcante.

Na Tabela 4.32 observa-se que os tamanhos das espigas irrigadas com água de abastecimento foram 142,35, 63,25 e 9,65% menores que os das irrigadas com água residuária, para as doses de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente, verifica-se também que TE obtidas com a testemunha foram 92,32, 41,42 e 41,00% superiores quando irrigadas com água de abastecimento, em relação as mesmas doses; com água residuária o TE das doses de lodo de 0 e 75 kg ha⁻¹ foram 20,64 e 13,37% superior ao da testemunha, sendo o TE, da dose de 150 kg ha⁻¹, 28,59% inferior quando comparada com a testemunha.

No peso da matéria seca das palhas verifica-se que houve diferença significativa pelo teste de tukey, ao nível de 5% de probabilidade, nas doses de 0 e 75 kg ha⁻¹ em relação aos tipos de água, sendo o PSP obtido com água de abastecimento 95,54 e 70,05% inferior ao da água residuária, respectivamente, no tipo de água observa-se que a água de abastecimento não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey em nenhuma dose de lodo avaliada, já na água residuária verifica-se que apenas a dose de 150 kg ha⁻¹ diferiu das demais. Com relação à testemunha, verifica-se que o PSP da testemunha superou o PSP da água de abastecimento em todas as doses, não ocorrendo o mesmo na água residuária, onde na dose de 0 e 75 kg ha⁻¹ o PSP foi 9,89 e 11,64% superior o da testemunha, sendo na dose de 150 kg ha⁻¹ 35,16% maior o PSP da testemunha.

Pela Tabela 4.32 observa-se que o PESP obtido pela testemunha foram inferior aos alcançados em todas as doses utilizadas quando irrigadas com água residuária, ocorrendo o inverso quando comparada com os da água de abastecimento, onde foi superior 147,83, 37,27 e 20,30% quando comparado com os das doses de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente, verifica-se também que os PESP atingido pela água de abastecimento foram 194,00, 82,68 e 22,71% inferiores aos da água residuária.

No peso da matéria seca do sabugo verifica-se que houve diferença significativa pelo teste de tukey, ao nível de 5% de probabilidade, nas doses de 0 e 75 kg ha⁻¹ em relação aos tipos de água, sendo o PSS obtido com água de abastecimento 116,27 e 46,55% inferior ao da água residuária, respectivamente, no tipo de água observa-se que a água residuária não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey em nenhuma dose de lodo avaliada, já na água de

abastecimento verifica-se que apenas a dose de 0 kg ha⁻¹ diferiu entre elas. Com relação à testemunha, verifica-se que o PSS da testemunha superou o PSS da água de abastecimento em todas as doses, não ocorrendo o mesmo na água residuária, onde na dose de 0 e 75 kg ha⁻¹ o PSS foi 1,88 e 7,94% superior o da testemunha, sendo na dose de 150 kg ha⁻¹ 12,78% maior o PSS da testemunha.

Tabela 4.31: Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis tamanho da espiga (TE(cm)), peso seco das palhas (PSP(g)), peso das espigas sem palhas (PESP(g)) e peso seco do sabugo (PSS(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho, efeito residual em função dos fatores dose de lodo e tipo de água. (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de variância	QUADRADO MÉDIO			
	TE (cm)	PSP ¹ (g)	PESP ¹ (g)	PSS ¹ (g)
Água (A) em Lodo (L)				
A dentro L ₁	1176,00**	15,43**	131,87**	17,65**
A dentro L ₂	429,26*	11,46**	78,11**	7,04**
A dentro L ₃	10,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	7,63 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Resíduo	60,08	0,73	2,69	0,50
Lodo (L) em Água (A)				
L dentro A ₁	50,77 ^{ns}	0,98 ^{ns}	21,47**	3,13*
L dentro A ₂	276,06*	5,09**	10,42*	1,41 ^{ns}
Resíduo	60,08	0,73	2,69	0,50

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo, pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Tabela 4.32: Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis tamanho da espiga (TE(cm)), peso seco das palhas (PSP(g)), peso das espigas sem palhas (PESP(g)) e peso seco do sabugo (PS(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de variância	MÉDIAS			
	TE (cm)	PSP ¹ (g)	PESP ¹ (g)	PSS ¹ (g)
L ₁ (0 kg)				
Água de abastecimento	19,67b	3,36b	4,83b	2,95b
Água residuária	47,67a	6,57a	14,20a	6,38a
L ₂ (75 kg)				
Água de abastecimento	26,75b	3,93b	8,72b	4,64b
Água residuária	43,67a	6,70a	15,93a	6,81a
L ₃ (150 kg)				
Água de abastecimento	26,83a	4,51a	9,95a	4,79a
Água residuária	29,83a	4,38a	12,21a	5,46a
dms	13,56	1,49	2,87	1,24
Água de abastecimento				
0 kg (L ₁)	19,67a	3,36a	4,83b	2,95b
75 kg (L ₂)	26,75a	3,94a	8,72a	4,64a
150 kg (L ₃)	26,83a	4,51a	9,95a	4,79a
Água residuária				
0 kg (L ₁)	47,67a	6,57a	14,20ab	6,38a
75 kg (L ₂)	43,67ab	6,70a	15,93a	6,80a
150 kg (L ₃)	29,42b	4,38b	12,21b	5,46a
dms	16,56	1,83	3,51	1,51
Testemunha	37,83	5,92	11,97	6,26

Em cada coluna e fator desdobrado, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Na Tabela 4.33, observa-se que a dose de lodo influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) apenas em peso seco dos grãos (PG) ao contrário do tipo de água, que houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) para as variáveis número de grãos (NG), peso seco dos grãos (PG) e peso de 100 sementes (P100), já o contraste, dose de lodo e tipo de água, verifica-se interdependência das variáveis NG, PG e P100, pois ocorreram interações significativas entre os fatores estudados. Com relação ao contraste do fatorial versus testemunha constata-se que não houve diferença significativa para as variáveis descritas.

Tabela 4.33: Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis número de grãos (NG(N⁰), peso seco dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho, em função dos fatores doses de lodo e tipo de água, efeitos residuais. (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de variância	GL	QUADRADO MÉDIO		
		NG ¹ (n ^o)	PG ¹ (g)	P100 (g)
Lodo (L)	2	35,60 ^{ns}	10,68*	111,68 ^{ns}
água (A)	1	466,20**	172,21**	409,65**
L x A	2	40,21*	16,34*	288,85**
Fat vs Testemunha	1	0,26 ^{ns}	0,08 ^{ns}	13,26 ^{ns}
Tratamentos	6	103,01**	37,72**	203,99**
Resíduo	14	10,63	2,69	38,39
CV(%)		19,32	17,18	20,85

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Tabela 4.34: Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis número de grãos (NG(N⁰), peso dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho. (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003

Causa de variância	QUADRADO MÉDIO		
	NG ¹ (n ^o)	PG ¹ (g)	P100 (g)
Água (A) em Lodo (L)			
A dentro L ₁	347,16**	120,31**	881,37**
A dentro L ₂	163,89**	74,96**	89,32 ^{ns}
A dentro L ₃	35,57 ^{ns}	9,63 ^{ns}	16,67 ^{ns}
Resíduo	10,63	2,69	38,39
Lodo (L) em Água (A)			
L dentro A ₁	65,95*	18,04**	344,28**
L dentro A ₂	9,85 ^{ns}	8,99 ^{ns}	56,25 ^{ns}
Resíduo	10,63	2,69	38,39

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Tabela 4.35: Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis número de grãos (NG(N^o), peso dos grãos (PG(g)) e peso de 100 sementes (P100(g)), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho, efeito residual. (UFCCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003

Causa de variância	MÉDIAS		
	NG ¹ (n ^o)	PG ¹ (g)	P100 (g)
L ₁ (0 kg)			
Água de abastecimento	6,45b	3,66b	12,42b
Água residuária	21,66a	12,62a	36,67a
L ₂ (75 kg)			
Água de abastecimento	13,39b	7,27b	28,95a
Água residuária	23,84a	14,34a	36,67a
L ₃ (150 kg)			
Água de abastecimento	15,38a	8,35a	32,50a
Água residuária	20,25a	10,88a	29,17a
dms	5,70	2,87	10,84
Água de abastecimento			
0 kg (L ₁)	6,45b	3,66b	12,43b
75 kg (L ₂)	13,39ab	7,27a	28,95a
150 kg (L ₃)	15,37a	8,34a	32,50a
Água residuária			
0 kg (L ₁)	21,66a	12,62a	36,67a
75 kg (L ₂)	23,85a	14,34a	36,67a
150 kg (L ₃)	20,25a	10,88a	29,17a
dms	6,96	3,50	13,23
Testemunha	17,70	9,96	5,63

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹ Dados transformados em \sqrt{X}

Segundo o desdobramento da interação (L x A) para número de grãos (NG), peso dos grãos (PG) e peso de 100 sementes (P100), aos 120 dias após o plantio da cultura do milho (Tabela 4.34), verifica-se que houve efeito significativo para o tipo de água (A) dentro de L₁ e L₂, exceto para P100 em L₂, sendo não significativo para A dentro de L₃, denotando que para uma dose de lodo de 150 kg ha⁻¹ o NG, PG e P100 serão estatisticamente iguais. Observando-se o efeito da dose de lodo dentro do tipo de água, verifica-se que houve efeito significativo, nas variáveis NG, PG e P100, das doses de lodo apenas quando se utiliza água de abastecimento, subentendendo que a água residuária suprime o efeito das doses de lodo e que os efeitos de A dentro de L, foi provocado pela água de abastecimento.

Na Tabela 4.35 observa-se que o número de grãos (NG) irrigadas com água de abastecimento foram 3,36, 1,78 e 1,71 vezes menor que os das irrigadas com água residuária, para as doses de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente, verifica-se também que NG obtidas com a testemunha foram 174,42, 32,19 e 15,08% superiores aos das irrigadas com água de abastecimento; com água residuária o NG das doses de lodo de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹ foram 22,37, 34,60 e 14,41% superior ao da testemunha.

No peso dos grãos (PG) verifica-se, na mesma tabela, que houve diferença significativa pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, nas doses de 0 e 75 kg ha⁻¹ em relação aos tipos de água, sendo o PG obtido com água de abastecimento 3,45 e 1,97 vezes inferior ao da água residuária, respectivamente, no tipo de água observa-se que a água residuária não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey em nenhuma dose de lodo avaliada, já na água de abastecimento verifica-se que apenas a dose de 0 kg ha⁻¹ diferiu das demais. Com relação à testemunha, verifica-se que o PG da testemunha superou-o da água de abastecimento em todas as doses, não ocorrendo o mesmo na água residuária, onde na dose de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹ o PG foi 26,71, 43,98 e 9,24% superior o da testemunha

Pela Tabela 4.35 observa-se que o peso de 100 sementes (P100) obtido pela testemunha foi inferior aos alcançados em todas as doses utilizadas quando irrigadas com água de abastecimento e residuária, verifica-se também que o P100 atingido pela água de abastecimento foram 195,25 e 26,67% inferiores aos da água residuária, nas doses de 0 e 75 kg ha⁻¹ e superior 11,42% na dose de 150 kg ha⁻¹.

4.4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO APÓS O TÉRMINO DO EXPERIMENTO COM A CULTURA DO MILHO

4.4.3.1 Fertilidade do solo

De acordo com a Tabela 4.36, verifica-se, que não ocorreu significância estatística para o fator lodo nas variáveis estudadas. Observando-se os teores de potássio, verifica-se que houve

diferenças significativas entre os tipos de água e para a interação entre os fatores estudados versus testemunha.

Segundo as médias na Tabela 4.37, observa-se um decréscimo de 27,27% na água residuária com relação à água de abastecimento, denotando-se ser inadequado o uso da água residuária em relação a este elemento quando comparado com a água de abastecimento, que por sua vez foi 21,43% inferior a testemunha. Foi constatada diferença significativa para o teor de fósforo total (P_{total}) entre os tipos de água, provavelmente devido ao elevado teor de fósforo da água residuária, elemento este tão importante na floração e na frutificação, além de ajudar no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Tabela 4.36).

Pelas médias obtidas na Tabela 4.37, observa-se um incremento de 134,86% no teor de P_{total} no solo quando a irrigação foi feita com água residuária, no tocante a testemunha, verifica-se que ela foi 70,31% superior quando comparada com a água residuária. Quanto ao magnésio, observa-se, na Tabela 4.36 que o mesmo foi afetado significativamente pelo tipo de água usada e pela interação dose de lodo x tipo de água.

Na Tabela 4.38 pode-se verificar o desdobramento da interação entre os fatores estudados dose de lodo x tipos de água, para a variável teor de magnésio, observando-se que houve significância das doses de lodo dentro da água de abastecimento e do tipo de água dentro da dose de lodo de 75 kg ha^{-1} (L_2); já na Tabela 4.37, tem-se as médias dos tratamentos para a variável teor de magnésio no solo por tipo de água usada, verificando um incremento de 37,25% no teor de magnésio encontrado na água residuária em relação a água de abastecimento.

Com relação à matéria orgânica e o carbono, verifica-se alterações significativas apenas para a interação dose de lodo x tipo de água, conforme pode ser observado na Tabela 4.36. Analisando a Tabela 4.37 fica evidente a importância da irrigação com água residuária, pois provocou um aumento na matéria orgânica do solo, que segundo Lopes (1989) a matéria orgânica é benéfica ao solo, pois: melhora as condições físicas, aumentam a retenção de água, diminuem as perdas por erosão e fornecem nutrientes para as plantas.

Na Tabela 4.38 pode-se verificar o desdobramento da interação entre os fatores estudados dose de lodo x tipos de água, para as variáveis matéria orgânica e carbono, observando-se que somente houve significância dos tipos de água dentro da dose de lodo de 150 kg ha^{-1} (L_3), para ambas as variáveis, já na dose de lodo dentro do tipo de água houve efeito

significativo apenas na MO quanto se utiliza água residuária; pela Tabela 4.39, tem-se as médias dos tratamentos para as variáveis MO e C no solo por tipo de água usada e doses de lodo testados, do qual verifica-se diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade apenas entre as águas ao utilizar a dose L₃ (150 kg ha⁻¹).

Tabela 4.36: Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de fertilidade do solo: cálcio(Ca(cmol/dm³)), carbono(C(g/kg)), sódio (Na(mg/dm³)), potássio (K(mg/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), matéria orgânica (MO(g/kg)) e fósforo total (Ptotal(mg/dm³)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS), em função dos fatores estudados doses de lodo, tipo de água, efeitos residuais (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	de GL	Quadrado Médios						
		Ca	C	Na	K	Mg	MO	Ptotal
Lodo (L)	2	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	25,48 ^{ns}
Água (A)	1	0,13 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,004*	0,16**	0,01 ^{ns}	242,95**
L x A	2	0,07 ^{ns}	1,23**	0,001 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05*	3,62**	17,49 ^{ns}
Fat vs Testem	1	0,18 ^{ns}	1,02*	0,00 ^{ns}	0,005*	0,00 ^{ns}	3,01*	367,51**
Tratamento	6	0,11 ^{ns}	0,58*	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05*	1,72*	116,07**
Resíduo	14	0,04	0,17	0,01	0,00	0,01	0,51	8,34

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 4.37: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de fertilidade do solo: cálcio (Ca(cmol/dm³)), carbono(C(g/kg)), sódio (Na(mg/dm³)), potássio (K(mg/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), matéria orgânica (MO(g/kg)) e fósforo total (Ptotal(mg/dm³)) (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias						
	Ca	C	Na	K	Mg	MO	Ptotal
Dose de lodo							
0 kg	1,63 a	1,76 a	0,36 a	0,13 a	0,55 a	3,04 a	8,30 a
75 kg	1,82 a	1,86 a	0,35 a	0,12 a	0,63 a	3,19 a	7,60 a
150 kg	1,88 a	1,81 a	0,35 a	0,13 a	0,63 a	3,13 a	11,47 a
Tipo de água							
Água de abastecim.	1,69 a	1,79 a	0,31 a	0,14 a	0,70 a	3,10 a	5,45 b
Água residuária	1,86 a	1,82 a	0,40 a	0,11 b	0,51 b	3,15 a	12,80 a
Testemunha	1,52	1,18	0,35	0,17	0,63	2,04	21,08

Em cada coluna, e fator médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.38: Resumos das análises de variância para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis carbono (C(cmol/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), e matéria orgânica (MO(g/kg)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS) (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003)

Causa de variância	QUADRADO MÉDIO		
	C	Mg	MO
Água (A) em Lodo (L)			
A dentro L ₁	0,48 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,40 ^{ns}
A dentro L ₂	0,27 ^{ns}	0,24**	0,79 ^{ns}
A dentro L ₃	1,71**	0,03 ^{ns}	5,06**
Resíduo	0,17	0,01	0,51
Lodo (L) em Água (A)			
L dentro A ₁	0,60 ^{ns}	0,05*	1,77 ^{ns}
L dentro A ₂	0,64 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,88*
Resíduo	0,17	0,01	0,51

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 4.39: Médias dos tratamentos em função dos fatores estudados, doses de lodo e tipos de água para os desdobramentos da interação (L x A) para as variáveis carbono(C(cmol/dm³)), magnésio (Mg(cmol/dm³)), e matéria orgânica (MO(g/kg)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS) (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de variância	MÉDIAS		
	C	Mg	MO
L ₁ (0 kg)			
Água de abastecimento	2,05a	0,57a	3,53a
Água residuária	1,48a	0,53a	2,56a
L ₂ (75 kg)			
Água de abastecimento	2,07a	0,83a	3,56a
Água residuária	1,64a	0,43b	2,83a
L ₃ (150 kg)			
Água de abastecimento	1,28b	0,70a	2,21b
Água residuária	2,35a	0,57a	4,05a
dms	0,73	0,21	1,25
Água de abastecimento			
0 kg (L ₁)	2,05a	0,57b	3,53a
75 kg (L ₂)	2,07a	0,83a	3,56a
150 kg (L ₃)	1,28a	0,70a	2,21a
Água residuária			
0 kg (L ₁)	1,48a	0,53a	2,56a
75 kg (L ₂)	1,64a	0,43a	2,83a
150 kg (L ₃)	2,35a	0,57a	4,05a
dms	0,89	2,56	1,52
Testemunha	1,18	0,63	2,04

Para cada fator e coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4.3.2 Salinidade

Considerando-se as características de salinidade realizadas através das análises no extrato de saturação do solo que de acordo com Mengel e Kirkby (1979) simula de certa forma a solução do solo, aonde os nutrientes por contato radicular, fluxo de massa e difusão chegam às raízes para serem absorvidos.

Verificou-se, de acordo com a Tabela 4.40, efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para a dose de lodo, tipo de água utilizado e para o contraste entre as testemunhas na condutividade elétrica do extrato de saturação que é utilizada como indicadora da

salinidade do solo, já que quanto maior a concentração de sais na solução maior a corrente elétrica que poderá ser transmitida através dela (TOMÉ JR., 1997).

De acordo com a Tabela 4.41 observou-se um incremento de 42,7% na condutividade do solo, quando este foi acrescentado 150 kg ha⁻¹ de lodo. Observou-se também, efeito significativo para o potássio no tipo de água e na interação dose de lodo x tipo de água e no cloreto para o contraste entre as testemunha ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 4.41).

Devido ao sódio ter efeitos adversos sobre as culturas, seja diretamente dificultando a absorção de água e nutrientes para a planta, ou indiretamente, pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando desestruturação do solo e prejudicando a infiltração de água, oxigênio e crescimento das raízes (TOMÉ JR., 1997), ressalta-se que observando os teores médios de sódio na Tabela 4.41, verifica-se que houve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde a disposição da água residuária ocasionou um aumento de 1,26 vezes no teor de sódio no solo quando utilizou água de abastecimento.

Tabela 4.40: Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de salinidade do solo: cálcio(Ca(mmol/l)), cloreto (Cl(mmol/l)), sódio (Na(mmol/l)), carbonato(CO₃(mmo/l)), bicarbonato (HCO₃(mmol/l)), potássio (K(mmo/l)), magnésio (Mg(mmol/l)), razão de adsorção de sódio (RAS), salinidade (CEes) para o período de 120 dias após semeadura (DAS) (UFCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios								
		Ca	Cl	Na	CO ₃	HCO ₃	K	Mg	RAS	CEes
Lodo (L)	2	7,92 ^{ns}	55,09 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	23,00 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,02*
Água (A)	1	2,23 ^{ns}	46,92 ^{ns}	20,78*	0,002 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,02*	0,001 ^{ns}	4,57 ^{ns}	1,46*
L x A	2	10,43 ^{ns}	38,15 ^{ns}	5,08 ^{ns}	0,011 ^{ns}	9,01 ^{ns}	0,01*	8,90 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,26ns
Fat vs Testem	1	8,84 ^{ns}	162,43*	7,62 ^{ns}	0,02 ^{ns}	9,58 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,82 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,92*
Tratamento	6	7,96 ^{ns}	65,97 ^{ns}	6,64 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,02 ^{ns}	0,02*	11,11 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,99*
Resíduo	14	7,87	26,60	3,68	0,01	12,32	0,01	0,16	1,24	0,23

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 4.41 Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de salinidade do solo: cálcio(Ca(mmol/l)), cloreto(Cl(mmol/l)), sódio(Na(mmol/l)), carbonato(CO₃(mmo/l)), bicarbonato (HCO₃(mmo/l)), potássio (K(mmo/l)), magnésio (Mg(mmol/l)), razão de adsorção de sódio (RAS), salinidade (CEes) para o período de 120 dias após semeadura (DAS) (UFCCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias								
	Ca	Cl	Na	CO ₃	HCO ₃	K	Mg	RAS	CEes
Dose de lodo									
0 kg	5,08 a	12,00 a	9,23 a	0,11 a	6,79 a	0,44 a	1,64 a	5,12 a	1,73b
75 kg	7,33 a	17,67 a	9,68 a	0,06 a	7,58 a	0,41 a	2,86 a	4,40 a	2,41ab
150 kg	5,81 a	16,69 a	9,04 a	0,09 a	6,83 a	0,43 a	5,47 a	4,04 a	2,47a
Tipo de água									
Água de abastecimen.	6,43 a	13,84 a	8,24 b	0,08 a	6,96 a	0,48 a	3,33 a	4,02 a	2,49a
Água residuária	5,72 a	17,07 a	10,39 a	0,09 a	7,18 a	0,38 b	3,31 a	5,02 a	1,92b
Testemunha	4,22	23,40	7,60	0,00	9,00	0,50	2,28	4,22	1,34

Em cada coluna e fator médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4.3.3 Micronutrientes

Observa-se na Tabela 4.42 que as variáveis de micronutrientes do solo foram afetados significativamente apenas no fator dose de lodo com exceção do manganês. E o zinco que foi significativo para o contraste e a testemunha. O boro e o cobre apresentaram significância estatística ao nível de 5% e o ferro e zinco ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. De maneira geral pode-se dizer que as maiores variações foram obtidas quando se utilizou a dose de 150 kg ha⁻¹, com incremento nos teores de B, Cu, Fé, Mn e Zn, respectivamente, de 48,28, 29,55%, 22,88, 11,39 e 66,37% na dose de 0 kg ha⁻¹ (Tabela 4.43).

Tabela 4.42: Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis de micronutrientes do solo: boro (B(mg/dm³)), cobre (Cu(mg/kg)), ferro (Fe(mg/kg)), manganês (Mn(mg/kg)), zinco (Zn(mg/kg)), para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lodo (L)	2	0,13*	0,03*	165,85**	0,33ns	0,84**
Água (A)	1	0,13ns	0,01ns	43,25ns	0,14ns	0,04ns
L x A	2	0,001ns	0,01ns	5,19ns	0,01ns	0,04ns
Fat vs Testem	1	0,011ns	0,00ns	26,02ns	0,19ns	0,35*
Tratamento	6	0,07ns	0,01*	68,56*	0,17ns	0,36**
Resíduo	14	0,03	0,004	19,02	0,16	0,06

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ns não significativo, pelo teste F.

Tabela 4.43: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis de micronutrientes do solo: boro (B(mg/dm³)), cobre (Cu(mg/kg)), ferro (Fe(mg/kg)), manganês (Mn(mg/kg)), e zinco (Zn(mg/kg)), para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Dose de lodo					
0 kg	0,58 b	0,44 b	45,01 b	4,04 a	1,13 b
75 kg	0,63 ab	0,51 ab	51,99 a	4,22 a	1,49 b
150 kg	0,86 a	0,57 a	55,31 a	4,50 a	1,88 a
Tipo de água					
Água de abastecimento	0,77 a	0,51 a	52,32 a	4,17 a	1,45 a
Água residuária	0,60 a	0,50 a	49,22 a	4,34 a	1,55 a
Testemunha	0,75	0,50	53,95	3,98	1,13

Em cada coluna e fator médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4.4 Características da água drenada, após o término do experimento com a cultura do milho

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 4.44 e 4.45, verifica-se, que ocorreu significância estatística para o fator lodo nas variáveis, absorvância de nitrito, demanda

química de oxigênio, sólidos suspensos totais e sólidos totais. Observando-se a alcalinidade, absorvância de nitrato, condutividade elétrica da água drenada, demanda química de oxigênio, ortofosfato, fósforo total, sólidos suspensos totais e sólidos totais verifica-se que houve diferenças significativas entre os tipos de água e para a interação dose de lodo versus tipo de água o teor de carbono, condutividade elétrica da água drenada, a demanda química de oxigênio, ortofosfato e os sólidos totais foram significativos. Já na interação entre os fatores estudados versus testemunha observou-se diferença significativa para a alcalinidade, absorvância de nitrato, carbono, cálcio, demanda química de oxigênio e os sólidos suspensos totais.

Tabela 4.44: Resumos das análises de variâncias, referentes as variáveis da água: alcalinidade (Alc(mg.L⁻¹)), absorvância nitrito (abs.NO₂(mg.L⁻¹)), absorvância nitrato (abs. NO₃ (mg.L⁻¹)), carbono (C(mg.L⁻¹)), cálcio (Ca(mg.L⁻¹)), condutividade elétrica (CEa. (dS/m⁻¹)), demanda química de oxigênio (DQO(mg.L⁻¹)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFMG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003.

Causa de Variação	GL	Quadrado Médios						
		Alcalinidade	Absorb. de NO ₂	absorb. de NO ₃	C	Ca	CEa	DQO
Lodo (L)	2	4680,72ns	0,0004**	5,61ns	0,013ns	6674,06ns	1,07ns	2908,39*
Água (A)	1	234384,22*	0,0013 ns	549,02**	0,003ns	15842,00ns	123,40**	46309,39**
L x A	2	4471,06ns	0,0007 ns	25,39ns	1,23**	32856,17ns	9,67**	5225,39**
Fat vs Testem	1	173680,03*	0,0010ns	86,69*	1,02*	1342095,36**	1,49ns	11409,53**
Tratamento	6	71061,30*	0,0007ns	116,29**	0,58*	239499,63**	24,39**	12331,08**
Residuo	14	21320,86	0,0006	11,17	0,17	29189,14	1,38	615,09

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ns não significativo.

Tabela 4.45: Resumos das análises de variâncias, referente as variáveis da água: ortofosfato (P orto(mg.L⁻¹)), magnésio (mg(mg.L⁻¹)), fósforo total (P.total(mg.L⁻¹)), sólidos suspensos totais (sst(mg.L⁻¹)), sólidos totais (st(mg.L⁻¹)) para o período de 120 dias após semeadura (DAS). (UFCEG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	de GL	Quadrado Médios				
		P orto	Mg	P. total	SST	ST
Lodo (L)	2	0,01ns	70385,39ns	0,71ns	82,72**	1548820,67*
Água (A)	1	0,03*	373,56ns	2,65*	709,39**	38403848,00**
L x A	2	0,03*	14073,72ns	0,56ns	9,72ns	3001812,67**
Fat vs Testem	1	0,01ns	77952,03ns	0,60ns	90,87*	74898,29ns
Tratamento	6	0,02*	41207,30ns	0,96ns	164,19	7930002,16**
Resíduo	14	0,01	46246,57	0,59	11,05	416706,86

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Segundo as médias na Tabela 4.46, observa-se um acréscimo na DQO de 97,95% na água residuária com relação à água de abastecimento, que por sua vez foi 2,33 vezes maior que a testemunha. De maneira geral, pode-se dizer que as maiores variações da DQO foram obtidas nas dosagens mais elevadas, sendo as dose de 75 e 150 kg de lodo 85,35 e 95,05% maior que a testemunha, respectivamente.

Apesar do Ptotal não ter sofrido efeito significativo pelo teste de Tukey a 5%, pelas médias obtidas na Tabela 4.46, observa-se um incremento de 192,50% no teor de Ptotal no solo quando a irrigação foi feita com água residuária, no tocante a testemunha, verifica-se que ela foi 290% inferior quando comparada com a água residuária e 33,33% quando com parada com água de abastecimento.

Foi constatada diferença significativa para o teor de orto fosfato (P orto) entre os tipos de água, provavelmente devido ao elevado teor de fósforo da água residuária, onde a mesma foi 2,25 vezes maior do que a água de abastecimento. Para as variáveis alcalinidade, sólidos suspensos totais e sólidos totais a água residuária foi 92,48, 198,26 e 195,77% maior que a água de abastecimento, onde a água de abastecimento superou apenas na alcalinidade em relação a testemunha.

Os valores da condutividade elétrica (Tabela 4.46), com aumento de 137,53% da água residuária em relação a água de abastecimento classifica a água percolada nestes tratamento como de alta salinidade (9,05 dS m⁻¹), neste contexto e nas condições desenvolvidas nesta pesquisa, é

importante, quando da utilização de água residuária, fazer um monitoramento da salinidade; para a absorvância nitrato a água de abastecimento foi 14,81 vezes maior que a da água residuária.

Tabela 4.46: Valores médios dos fatores doses de lodo e tipos de água para as variáveis da água: demanda química de oxigênio (DQO(mg.L⁻¹)), fósforo total (Ptotal(mg.L⁻¹)), ortofosfato (Porto(mg.L⁻¹)), alcalinidade (Alc(mg.L⁻¹)), sólidos suspensos totais (SST(mg.L⁻¹)), sólidos totais (ST(mg.L⁻¹)), cálcio (Ca(mg.L⁻¹)), magnésio (Mg((mg.L⁻¹)), condutividade elétrica (CEa(dS/m⁻¹)), absorvância nitrato (Abs.NO₃(mg.L⁻¹)), absorvância nitrito e (Abs.NO₂(mg.L⁻¹)). (UFCCG/ Prosab/ Campina Grande, Paraíba, 2003).

Causa de Variação	Médias										
	DQO	Ptotal	Porto	Alc	SST	ST	Ca	Mg	CEa	Abs. NO ₃	Abs. NO ₂
Dose de lodo											
0 kg	129,33 b	0,42 a	0,12 a	370,17 a	8,33 b	3733,00 b	605,0 a	586,17 a	6,02 a	6,54 a	0,01 a
75 kg	162,50 ab	1,10 a	0,13 a	329,50 a	14,50 a	4747,33 a	558,50 a	778,33 a	6,86 a	7,16 a	0,03 a
150 kg	171,00 a	0,83 a	0,13 a	383,00 a	15,00 a	4187,67 ab	623,17 a	768,83 a	6,41 a	5,27 a	0,03 a
Tipo de água											
Água de abastecim.	103,56 b	0,40 a	0,08 b	246,78 b	6,33 b	2762,00 b	565,89 a	715,67 a	3,81 b	11,85 a	0,01 a
Água residuária	205,00 a	1,17 a	0,18 a	475,00 a	18,88 a	5683,33 a	625,22 a	706,56 a	9,05 a	0,80 b	0,03 a
Testemunha	87,67	0,30	0,17	101,00	6,67	4393,33	1318,00	537,00	5,67	0,52	0,00

Em cada coluna e fator médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

♦ Com relação as variáveis de crescimento: altura de planta, diâmetro caulinar, número de nós e área foliar por planta, constata-se que os tratamentos que receberam adubação química se sobressairam quando comparados ao efeito residual do lodo, exceto para o número de nós, onde o crescimento foi semelhante para ambos, sendo que no químico a estabilização ocorreu aos 90 dias da emergência das plântulas. O efeito residual da água residuária foi superior ao da água de abastecimento em todas as avaliações das referidas variáveis.

♦ Em relação as variáveis analisadas na produção da cultura do milho, verificou-se que o efeito residual do lodo influenciou significativamente ao nível de 5% apenas no PESP, (Peso das espigas sem palhas) em contrapartida para o tipo de água houve efeitos significativos para todas as variáveis descritas, tais como: fitomassa total, número de espiga, tamanho de espiga, peso seco das palhas e peso seco do sabugo.

♦ Constatou-se que o número de grãos (NG) obtidos com a testemunha foram 174,42, 32,19 e 15,08% superiores aos das irrigadas com água de abastecimento; já com o efeito residual das águas residuárias o NG das doses de lodo de 0, 75 e 150 kg.ha⁻¹ foram 22,37, 34,60 e 14,41%, respectivamente superior ao da testemunha.

♦ Verificou-se que o peso dos grãos (PG) da testemunha superou o da água de abastecimento em todas as 3 doses de lodo estudadas. No efeito residual das águas residuárias, as doses de 0, 75 e 150 kg.ha⁻¹ o PG foi 26,71, 43,98 e 9,24%, respectivamente superior o da testemunha.

◆ O peso de 100 sementes (P 100) obtido pela testemunha foi inferior aos alcançados em todas as doses de lodo avaliadas quando irrigadas com água de abastecimento e efeito residual das águas residuárias. Constatou-se ainda que, com o uso da água de abastecimento o P100 foram 195,25 e 26,67% inferiores ao do efeito residual das águas residuárias, nas doses de 0 e 75 kg.ha⁻¹ e 11,42% superior com a dose de 150 kg.ha⁻¹.

◆ Analisando-se a fertilidade do solo, destaca-se que para a variável potássio, nas médias estudadas houve um decréscimo de 27,27% no efeito residual das águas residuárias com relação à água de abastecimento, que por sua vez foi 21,43% inferior a testemunha.

◆ Na salinidade do solo, houve um aumento de 42,7% na condutividade elétrica do solo, quando avaliou-se o efeito residual da dose de lodo equivalente a 150 kg ha⁻¹, passando de 1,73 dS m⁻¹ para 2,47 dS m⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA PINTO, N. F. J. de ; VASCONCELLOS, C. A. **Efeito de Sistemas de rotação de culturas nas densidades populacionais de *Pratylenchus* spp. parasitas do milho.** In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Milho e Sorgo 1988 – 1991. Sete Lagoas, 1992. p.122.

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

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FREGADOLLI, P.; CASTRO, L. AR. de.; **Diagnóstico do potencial dos solos da região de Maringá para disposição final do lodo gerado pelos sistemas de tratamento de esgoto do município.** Revista técnica da SANEPAR, Curitiba; SANEPAR, V.13, N. 13, p. 40 – 50, janeiro a junho, 2000 a.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for examination of water and wastewater.** 19. ed. Washington, DC: APHA, 1995.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** “Water Quality for Agriculture”. FAO. Tradução H. R. Ghery e J. F. de Medeiros, UFPB. Campina Grande – PB, 217p. 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; ALMEIDA O. A.; PEREIRA, J. R. de; FEDELIS FILHO, J. **Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da**

planta do algodoeiro. Campina Grande-PB. Revista de oleaginosas e fibrosas, 5(1): 2001. p. 283 – 289.

BLAUSTEIN, J. **Effluent in Trickle Irrigation of cotton in Arid zones.** Journal of the Irrigation and Drainage Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. (C) ASCE, vol. 108, Nº IR2, June, 1982.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos.** Tradução Antônio B. Neiva Figueiredo. 7ª. Ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 589p. 1989.

BULL, L. T. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade/**editado por Leonardo Theodoro Bull e Heitor Cantarella. Piracicaba: Potafos, 1993.

CARVALHO, P. de C. T. de.; CARVALHO, F. J. P. de C. **Legislação sobre biossólidos, In: Biossólidos na Agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001, cap. 7 p.209-226.

CEFER. **Aproveitamento do lodo de esgoto como fertilizante.** Relatório do Centro de Estudo de Fertilizantes – CEFER, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, mimeografado, 317 pp., 1983.

COELHO, M.A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil.** São Paulo, ed. Moderna. 1982. 368 p.

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada.** Campina Grande: UFPB, 2002. 108 p. Dissertação Mestrado.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA), **Algodão Colorido BRS VERDE,** 2002.

EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Melhoramento e produção de milho em clima temperado.** EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CNPACT), 2003 disponível em: <http://www.cnpa.br/embrapa>. Acesso: 20/03/2003.

EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação dos solos. Brasília: EMBRAPA, Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2001.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. Piracicaba, São Paulo. Departamento de Produção Vegetal. ESALQ/USP, São Paulo. 2003.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent. Advanced Series in Agricultural Science; v. 17 Spring-Verlang-Berlim-Germany, 1991. 216 p.

FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C. V.; JURGENSEN, D. Produção e características dos biossólidos, In: Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Curitiba: PROSAB, 1999, cap. I, p. 16 – 25.

FERREIRA, O. E. Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo e no meio edáfico. Campina Grande – PB. UFCG, 2003. 78 p. Dissertação de mestrado

FONSECA, A. D. da. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Piracicaba, São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2001. 126 p.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M.; VON SPERLING, M; Remoção da umidade de lodos de esgotos In; Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final. Belo Horizonte: UFMG, 2001. Cap. 5, p. 159 – 259.

GRANER E. A. JÚNIOR C. GODOY. Culturas da fazenda brasileira. Edições Melhoramentos. São Paulo – SP, 1962.

HESPANHOL, I. “Health and Technical Aspects of the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture”. In: Rodrigues, F. (Ed.) Socioeconomic and Environmental (Issues in Water Projects – Selected Readings. The Economic Developing Institute of the World Bank, the World Health Organization, 1994. Chap. 10.

HESPANHOL, I. **Reuso da água - uma alternativa viável**. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - BIO, Rio de Janeiro, ano XI, nº 18, p. 24-25, abr/jun, 2001.

HILLEL, D. **Fundamental of soil physics**. Massachusetts: Academic Press. 1980. 413 p.

IAPAR: Fundação – Instituto Agrônômico do Paraná. Revista: **Informe da Pesquisa**. Ano VII, nº 59, outubro, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO - IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica “Ceres” Ltda. Piracicaba – SP, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres. 1979. 262 p

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**, tradução de H. R. Gheyi; A. König; B. S. O. Ceballos; F. A. V. Damasceno. Campina Grande, ufpb, 1999.

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Viçosa, MG. 1998. 87 p. (tese de doutorado).

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 155p.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estudo nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, SP. Fundação POTAFOS. 315 p, 1997.

MARCIANO, C. R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. Piracicaba, ESALC (1999). 93 P. (Tese de Doutorado).

MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M. **Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, V. 17, n 3, p. 471, 1993.

MELLO, W. J. de; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. de. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**, Belo Horizonte: UFMG, 2001. cap. 11, p. 289 – 363.

MENGEL, K.; E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen, Bern, International Potash Institute, 1979, 593 p.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel. 1976. 376 p.

MUZILLI, O. **Adubação do milho**, por Osmar Muzilli, Edson Lima de Oliveira e Ademir Calegari. Campinas, Fundação Cargill, 1989.

NASCIMENTO, M. B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira, submetidas ao uso de biossólidos e água residuária**, Campina Grande, PB / UFCG. 2003. 78 p. (Dissertação de Mestrado).

NETO, M. S. A.; ARUÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. de M. **Clima e Solo**, In **O agronegócio da mamona no Brasil**. Cap. 3, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001.

PEARCE, R. B.; MOCK, J. J.; BAILEY, T. B. **Rapid Method for Estimating Leaf Area Per Plant in Maize**. *Crop Science*, vol. 15, September-october, 1975.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**. São Paulo: Nobel, 1992.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ceres – Potafos, 1991, 343 p.

REVISTA: INFORME AGROPECUÁRIO. **Milho: tecnologia garante produtividade e lucro**. Ano 6 – nº 72/ Belo Horizonte/ dezembro 1980.

ROS, C. O., AITA, C. CERETTAM, C. A.; FRIES, M. R. **Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia – ervilha**, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v. 17, p. 257 – 261, 1991.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**, Curitiba: SANEPAR, 1997. 96 p.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**, 2^a ed. ver., Curitiba: SANEPAR, 1999. 81p.

SANTOS, H. F. **Soluciones No Convencionales de Alcantarillado y Disposición de Excretas en Barrios Urbanos Marginados de Tegucigalpa. Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Tegucigalpa – Honduras: Organización Panamericana de la Salud, STC – OPS/OMS, 1987.**

SANTOS, V. A. **Rendimento do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com água residuária tratada.** - Dissertação de Mestrado, UFPB, Campina Grande-PB, 1997.

SILVA, E. L. Solo, **In: Relação solo-agua-planta-atmosfera**, Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. CAP. 1, P. 1-33.

SILVEIRA, P. M. da. COBUCCI T. Rios G. P. STONE L. F. e SILVA O. F. **Sistemas Agrícolas Irrigados nos Cerrados.** Santo Antônio de Goiás, GO – EMBRAPA, 1999.

SILVEIRA, P. M. da. TARCÍSIO C. GERSON P. R. LUIS F. S. e OSMIRA F. da S. **Sistemas agrícolas irrigados nos cerrados.** Embrapa Arroz e Feijão – Santo Antônio de Goiás, GO, 1999.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J.G. da. **Efeito do preparo do solo e da rotação de cultura sobre o rendimento do feijoeiro irrigado.** **In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 5; 1996, Goiânia, GO. Anais. Goiânia EMBRAPA – CNPAF, 1996. v.1, p.462. (EMBRAPA – CNPAF. Documento, 69).

STREET, H. E.; OPIK, H. **Fisiologia das angiospermas. Crescimento e desenvolvimento.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1974. 332 p.

TOME JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise do solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247 p.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio sólidos, In: **Bio sólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001, CAP. 5. P. 133 – 180.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio sólidos, In: **Bio sólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001, CAP. 4. P. 89 – 129.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A. .; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MARQUES, M. O. **Bio sólidos na agricultura**. 1^a. ed. São Paulo: Sabesp, 2001. 133 – 207 p.