



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



**CULTIVO DO MILHO HÍBRIDO FERTILIZADO COM ÁGUA AMARELA,
MANIPUEIRA E NPK**

JAILTON GARCIA RAMOS

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO DE 2018

JAILTON GARCIA RAMOS

**CULTIVO DO MILHO HÍBRIDO FERTILIZADO COM ÁGUA AMARELA,
MANIPUEIRA E NPK**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Engenharia agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES:

Prof.^a Dr.^a VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA - UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - UFCG/CTRN/UAEAg

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

2018

R175c Ramos, Jailton Garcia.
Cultivo do milho híbrido fertilizado com água amarela, manipueira e NPK / Jailton Garcia Ramos. – Campina Grande, 2018.
111 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo".

Referências.

1. Milho – Cultivo. 2. Milho – Fertilizado – Água Amarela. 3. Milho Híbrido – Fertilizado – Manipueira e NPK. I. Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. III. Título.

CDU 633.15(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

JAILTON GARCIA RAMOS

**“PRODUÇÃO DO MILHO CULTIVADO FERTILIZADO VIA FUNDAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO
COM ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA”**

APROVADA: 27 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Vera Lucia Antunes de Lima

Dra. Vera Lucia Antunes de Lima
Orientadora – UAEA/CTRN/UFCEG

Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Orientador - UEPB

Geovani Soares de Lima

Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador – PNPd/CAPES/UFCEG

Narcísio Cabral de Araújo

Dr. Narcísio Cabral de Araújo
Examinador – INSA

Dedico este trabalho a minha mãe Lindalva Garcia, a meu pai Pedro da Costa, a meus irmãos Bárbara Garcia, Gécica Garcia e José Ailton Garcia e a minha vó Rosa Gonçalves (*in memória*), pelo apoio, confiança e amor incondicional em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A meu Deus e ao espírito santo pelo dom da vida e por me dar força, discernimento e paciência para lidar com todas as adversidades do dia a dia.

Agradeço a minha família pelo apoio em todos os momentos da vida, durante toda minha trajetória até aqui, desde um sítio esquecido do município de Puxinanã-PB até o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

A minha flor “Gil” por todo apoio e compreensão durante o período de elaboração desta dissertação, como também por seu crivo criterioso, principalmente nos abstracts.

Ao “Quarteto Fantástico” (Mariana de Oliveira, Rafaela Felix e Vitória Ediclecia) por todos os momentos compartilhados nesses dois anos, nos experimentos, no calor de quase 40°C fazendo avaliações de crescimento, que me renderam verdadeiras joias raras, irmãs de espírito, a quem nutro todo o meu respeito e admiração por cada uma, com sua individualidade, que assim me conquistaram, com o abraço coletivo e fraterno nos momentos difíceis. A minhas amigas Tainara, Daniele, Sabrina, meu grande amigo Thiago, Márcia por todas as conversas, risadas, ajuda durante as avaliações, discussões acerca do desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu grande amigo Leandro Sena, em especial ao professor Narcísio Cabral, que foi o percussor na execução de pesquisas com água amarela e manipueira na agricultura aqui na Universidade Federal de Campina Grande.

Ao Pós-Doutorando e grande amigo Geovani Soares por dedicar parte de seus finais de semana para me auxiliar no processamento dos dados e colocações específicas na elaboração dessa dissertação, à noite, à tarde, via WhatsApp, sempre disponível e disposto a ajudar no que fosse necessário.

Ao meu grande amigo, eterno professor e conterrâneo George Ribeiro, por seu apoio incansável em todos os meus projetos e também para que eu ingressasse no programa de Pós-Graduação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial ao professor Ronaldo Nascimento, e aos técnicos e amigos Jackeline e Wilson do Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS.

A minha querida orientadora, professora Vera Lúcia Antunes de Lima por toda a dedicação, confiança, carinho e amabilidade com que me acolheu nesta instituição, com conselhos e abraços de luz, que me ajudaram e me incentivam a sempre buscar fazer o bem.

Ao meu co-orientador, professor Carlos Alberto Vieira de Azevedo que desde o início foi muito prestativo e atencioso, me dando todo suporte para que executasse todas as atividades inerentes ao desenvolvimento deste trabalho.

A CAPES pela concessão do auxílio financeiro que proporcionou minha manutenção durante toda duração do curso.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| LISTA DE TABELAS..... | xii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | xiii |
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA, MATERIAS E MÉTODOS..... | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 16 |
| 1.2 OBJETIVOS | 17 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 18 |
| 1.4 REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 1.4.1 Recursos Hídricos: Uso e conservação..... | 18 |
| 1.4.2 Saneamento ecológico..... | 20 |
| 1.4.5 Uso de urina humana na agricultura..... | 23 |
| 1.4.6 Uso de manipueira na agricultura | 25 |
| 1.4.7 A cultura do milho..... | 26 |
| 1.4.8 Fertirrigação | 28 |
| 1.5 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 29 |
| 1.5.1 Localização e caracterização da área experimental | 29 |
| 1.5.2. Cultivar selecionada | 30 |
| 1.5.3 Tratamentos e delineamento experimental | 30 |
| 1.5.4 Coleta, tratamento e caracterização físico-química da urina humana e manipueira | 31 |
| 1.5.5 Solo utilizado e preparo das unidades experimentais | 32 |
| 1.5.6 Adubação e semeadura | 33 |
| 1.5.7 Tratos culturais..... | 33 |
| 1.5.8 Controle da irrigação | 34 |
| 1.5.9 pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes)..... | 34 |
| 1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 34 |
| CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DO MILHO HÍBRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM ÁGUA AMARELA, MANIPUEIRA E NPK | 49 |
| 2.1 INTRODUÇÃO | 53 |

| | |
|---|------------|
| 2.2 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 55 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 57 |
| 2.4 CONCLUSÃO | 67 |
| 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |
| CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DO MILHO HÍBRIDO CULTIVADO COM NPK, ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA | 71 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 74 |
| 3.2 MATERIAS E MÉTODOS | 75 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 77 |
| 3.4 CONCLUSÕES | 86 |
| 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 86 |
| CAPÍTULO 4 - PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E SÓLIDOS SOLÚVEIS DO MILHO ADUBADO COM NPK, ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA..... | 90 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 93 |
| 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 95 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 97 |
| 4.4 CONCLUSÕES | 105 |
| 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 105 |
| CAPÍTULO 5 - RECOMENDAÇÕES ACERCA DO USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE FECULARIA (MANIPUEIRA) E MICTÓRIOS (URINA HUMANA) NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA..... | 110 |

Cultivo do milho fertilizado com urina humana e manipueira tratadas e NPK

RESUMO

A limitação da disponibilidade hídrica é um dos principais fatores que promove a redução da produtividade agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo. O objetivo que norteia esta pesquisa reside em avaliar parâmetros de crescimento, fisiológicos e de produção do milho híbrido AG1051, cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigação com urina humana e manipueira tratadas em ambiente protegido. O experimento foi conduzido na Universidade federal de Campina Grande, campus I, município de Campina Grande – PB. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratadas. Para os parâmetros de crescimento, a adubação orgânica via fertirrigação foi a que promoveu os maiores ganhos para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta (TCA_{AP} e TCR_{AP}), diâmetro do colmo (TCA_{DC} e TCR_{DC}) e número de folhas (TCA_{NF} e TCR_{NF}). Para os parâmetros de produção T8 promoveu os maiores incrementos para todas as variáveis de produção, exceto para fitomassa fresca da espiga comercial com palha (FFECCP) e peso médio de 100 grãos secos. A aplicação de T11 promoveu um incremento de 177,82 % para FFECCP. Clorofila A, T12 e T13 com os valores de 3938,165 μgg^{-1} e 3843,703 μgg^{-1} respectivamente, para B quando fertirrigado com T14, clorofila total foi de 5479,152 μgg^{-1} adubado com T13 e 333440,042 μgg^{-1} para carotenoides, quando adubado com T14. A fertirrigação com urina humana e manipueira tratadas promoveu os maiores incrementos para todas as variáveis avaliadas.

Palavras – chave: *Zea Mays* L., água amarela, ecossaneamento, reuso agrícola.

Cropping of maize fertilized with treated human urine, cassava wastewater and NPK

ABSTRACT

The limitation concerning water availability is one of the main factors driving the reduction of agricultural productivity, especially in arid and semi-arid regions around the world. This research aims to evaluate the growth of physiological and hybrid maize production (AG 1051), which was cultivated with treated human urine and cassava wastewater in soil fertilized through basal dressing and fertigation in a safe environment. This experiment was conducted in campus I, at the University of Campina Grande, city of Campina Grande state of Paraíba, Brazil. The treatments consisted of: T1 (NPK - control), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL), all applied through basal dressing, and T8 (F – NPK - control), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) applied through top dressing, with an interval of five days, totalizing eight applications. The solution consisted of 51.3 % of cassava wastewater and 48.7 % of human urine. With regard to the growth parameters, organic fertilization applied through fertigation was the one which promoted the absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) in plant height (PH), stem diameter (SD) and number of leaves (NL). The fertilization of T8 was the one which promoted the greatest increase for all variables of production, except for the fresh phytomass of the commercial maize ears with husk having an average weight of 100 dry grains. The application of T11 promoted an increase of 177.82 % for this fresh phytomass. With regard to the chlorophyll A, T12 and T13 with values of 3938.165 μg^{-1} and 3843.703 μg^{-1} respectively, for B when fertigated with T14, total chlorophyll value was 5479.152 μg^{-1} fertilized with T13 and 333440.042 μg^{-1} for carotenoids when fertilized with T14. The combination of human urine and cassava wastewater promoted the greatest increments for all the variables evaluated.

Keywords: *Zea Mays* L.; yellow water; ecological sanitation; reclaimed water.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Valores da temperatura máxima (°C) e temperatura mínima (°C) no interior da casa de vegetação.

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE) em função de adubação mineral e doses crescentes de solução (urina humana + manipueira tratadas).

Figura 2.2 Porcentagem de Emergência (%E) em função de adubação mineral e doses crescentes de solução (urina humana + manipueira tratadas).

Figura 2.3 Área foliar ($\text{cm}^2\text{planta}^{-1}$) (A) os 15 DAE e (B) aos 95 DAE do milho cultivado em ambiente protegido e em solo fertilizado adubação orgânica e mineral via adubação de fundação e fertirrigação.

Figura 2.4 Condutividade elétrica do extrato de saturação e pH do solo ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Fitomassa fresca de espigas comercial com palha cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e via fertirrigação com NPK e adubação orgânica de urina e manipueira tratadas.

Figura 3.2 Condutividade elétrica do extrato de saturação e pH do solo ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

Figura 3.3 Fitomassa fresca de espigas comercial sem palha cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e via fertirrigação com NPK e adubação orgânica de urina e manipueira tratadas.

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Índice SPAD do milho adubado via fundação e fertirrigação com NPK e adubação orgânica (urina humana e manipueira tratadas) aos 95 DAE em ambiente protegido.

Figura 4.2 Sólidas solúveis totais do milho cultivado em ambiente protegido e adubado e fertirrigado com NPK e biofertilizante (urina humana e manipueira tratadas).

Figura 4.3 Condutividade elétrica do extrato de saturação e pH do solo ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 Patógenos que podem ser excretados na urina humana e a importância da urina como meio de transmissão.

Tabela 1.2 Normas suecas com recomendações de tempo de armazenamento da urina e cultivos recomendados para sistemas de grande porte.

Tabela 1.3 Caracterização físico-química da urina humana e manipueira tratadas.

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta, diâmetro do coleto e número de folhas do milho fertilizado com urina humana e manipueira tratadas.

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 Comprimento e diâmetro de espigas frescas comerciais com e sem palha do milho híbrido AG 1051 cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigação com adubação química (NPK) e adubação orgânica (urina humana e manipueira tratadas).

Tabela 3.2 Peso médio de 100 grãos secos e número de fileiras do milho híbrido AG 1051 cultivado com solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigação com solução (urina humana e manipueira tratadas).

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 Valores médios de pigmentos fotossintéticos ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) de clorofila A, B, total e carotenóides do milho cultivado em solo adubado via adubação de fundação e fertirrigado com adubação química e orgânica (urina humana e manipueira).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF - Área Foliar

APHA - American Public Health Association

ART - Águas Residuárias Tratadas

°C - Graus Celsius

Ca - Clorofila a

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Cb - Clorofila b

Ctotal - Clorofila Total

CE - Condutividade elétrica da água

CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

CMEFCP - Comprimento Médio da Espiga Fresca Comercial Com palha

CMEFCSP - Comprimento Médio da Espiga Fresca Comercial Sem Palha

CONAB - Campanha Nacional de Abastecimento

DAE - Dias Após a Emergência

DBO - Demanda Química de Oxigênio

DQO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

DMEFCCP - Diâmetro Médio da Espiga Fresca Comercial Com Palha

DMEFCSP - Diâmetro Médio da Espiga Fresca Comercial Sem Palha

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

(F) - Fertirrigação

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FMFECF - Fitomassa Fresca da Espiga Com Palha

FMFECSP - Fitomassa Fresca da Espiga Com Palha

HCN - Ácido Cianídrico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IVE - Índice de Velocidade de Emergência

LIS - Laboratório de Irrigação e Salinidade

NFEFCF - Número de Fileiras de Grãos de Espigas Comerciais Frescas

ONU - Organização das Nações Unidas

OMS - Organização Mundial da Saúde

pH - Potencial Hidrogênioônico

P. P. M. U. H. A - Prováveis Patógenos na Mistura de Urina após Armazenamento

PM100GS - Peso Médio de 100 Grãos

POP's - Poluentes Orgânicos Persistentes

SPAD - Soil Plant Analysis Development

TCA_{AP} - Taxa de Crescimento Absoluto de Crescimento da Altura de Planta

TCA_{DC} - Taxa de Crescimento Absoluto de Crescimento do Diâmetro Caulinar

CA_{NF} - Taxa de Crescimento Absoluto de Crescimento do Número de Folhas

TRA_{AP} - Taxa de Crescimento Relativo de Crescimento da Altura de Planta

TRA_{DC} - Taxa de Crescimento Relativo de Crescimento do Diâmetro Caulinar

TRA_{NF} - Taxa de Crescimento Relativo de Crescimento do Número de Folhas

V4 - Estádio Vegetativo até quatro folhas totalmente expandidas

Vn - Estádio Vegetativo até a n-ésima folha totalmente expandida

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA, MATERIAS E MÉTODOS

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Espera-se que a população global cresça cerca de 35% até 2050 (ONU, 2013), aumentando assim, as demandas de produção agrícola de alimentos como cana-de-açúcar, milho, arroz, trigo, vegetais folhosos, soja, mandioca, entre outros, e com isso, conseqüentemente, promovendo o aumento do uso de fertilizantes. O milho é um dos cereais mais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos amplamente utilizados para consumo animal, humano e também como matéria-prima para a indústria (Ferreira, et al., 2014; Alves et al., 2015).

No crescimento e produção do milho, o nitrogênio é o macronutriente requerido na maior quantidade, sendo este elemento o mais limitativo para o crescimento e produção das plantas. Devido à necessidade dada a alta produção, se torna mais cara, uma vez que, N é muito importante nos processos bioquímicos da planta (Scudeler *et al.*, 2011).

O uso de águas amarelas no cultivo do milho, vem sendo abordado com a proposta de apontar uma solução econômica e sustentável para substituição da adubação química pela orgânica pois essas águas são ricas em nitrogênio (Gao et al., 2015). A urina contém a maior parte da excreção diária de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) contribuindo com 88%, 67% e 73%, respectivamente, sendo que desse nitrogênio cerca de 75 a 90% excretado é na forma de ureia e o restante está na forma de creatinina, aminoácidos e ácido úrico (Maurer et al., 2003).

No contexto da pesquisa sustentada ao longo do tempo, a urina humana passou a ser reconhecida como uma fonte de água residual com um forte potencial para complementar a produtividade agrícola como uma rica fonte de nutrientes (Andersson, 2015; Ganesapillai et al., 2016).

Outra fonte de água amarela, que tem impacto negativo quando lançado sem tratamento no ambiente, mas que pode ser utilizado de forma eficiente na agricultura para promover a fertilidade do solo e tratar a deficiência nutricional, é o efluente da agroindústria de fecularia, ou seja, do beneficiamento da mandioca (Magalhães et al., 2014).

Atualmente, tem sido cada vez mais estimulado o desenvolvimento de pesquisas que busquem, além do tratamento, o aproveitamento dos resíduos gerados através de

atividades agroindustriais. As questões ambientais, em especial, têm suscitado reflexões e preocupações, uma vez que os resíduos gerados têm potencial para causar danos ambientais, se não forem devidamente tratados ou destinados de maneira ambientalmente correta (Kraemer, 2014).

Diversos estudos vêm sendo realizados na perspectiva de evidenciar a potencialidade do reúso agrícola de águas residuárias tratadas, acerca dos parâmetros de crescimento, produção e fisiológicos, assim como mostram Magalhães et al. (2014) que avaliaram o efeito de diferentes doses de manipueira no crescimento inicial do milho híbrido duplo AG 1051; Dantas et al. (2015) que avaliaram o crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento da mandioca; Neves et al. (2017) examinaram os efeitos da manipueira tratada no cultivo de plantas de cambre; Ramos et al. (2017a) que investigaram variáveis de trocas gasosas do pimentão amarelo híbrido Satrapo cultivado em solo fertilizado com esterco bovino curtido, urina humana e manipueira tratadas.

Estudos mostram que os principais efeitos negativos causados pelo uso de resíduos líquidos na agricultura, estão relacionados à contaminação da água por nitrogênio, fósforo e acumulação de metais pesados na superfície do solo. Os efeitos positivos estão relacionados ao aumento da matéria orgânica, nutrientes no solo, na estrutura, microbiologia (Smanhotto et al., 2010; Lucas et al., 2013; Bosco et al., 2008).

Uma forma de potencializar o uso de biofertilizantes ou efluentes líquidos tratados é a fertirrigação, que segundo Braga (2010) consiste em utilizar a irrigação como meio de aplicação de fertilizante, sendo esta uma técnica consolidada há vários anos devido a sua alta eficiência.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar parâmetros de desenvolvimento do milho híbrido AG 1051 cultivado em solo fertilizado com adubação orgânica e mineral com NPK, solução composta por urina humana e manipueira tratadas, em ambiente protegido.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos do uso de urina humana e manipueira tratadas e NPK sob os parâmetros de crescimento do milho híbrido AG 1051.

- Avaliar a influência de urina humana e manureira tratadas e NPK sob as variáveis de produção do milho híbrido AG 1051.
- Analisar parâmetros fisiológicos do milho híbrido G 1051 cultivado em solo fertilizado com urina humana, manureira tratada e NPK.
- Avaliar os efeitos da adubação de fundação e de cobertura sob o crescimento do milho híbrido AG 1051.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi organizada em cinco capítulos, apresentados a seguir:

O primeiro capítulo trata da parte introdutória da pesquisa como as considerações iniciais e revisão de literatura sobre os diversos temas tratados no estudo, os objetivos da pesquisa e, os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento desta estrutura do trabalho.

No capítulo 2 é apresentado o crescimento do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido e fertilizado com solução orgânica composta por urina humana e manureira tratadas e NPK, como os resultados, discussões e conclusões acerca dos efeitos dos tratamentos sob as variáveis e crescimento.

No capítulo 3 é exposto o estudo da produção do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido, em solo fertilizado com adubação orgânica com urina humana e manureira tratadas e NPK, como os resultados, discussões e conclusões acerca dos efeitos dos tratamentos sob as variáveis e crescimento.

O capítulo 4 trata do estudo dos parâmetros fisiológicos do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido sob adubação com NPK, água amarela e manureira tratadas.

No capítulo 5 serão apontadas as recomendações e perspectivas futuras para o uso da urina humana e manureira tratadas na agricultura.

1.4 REVISÃO DE LITERATURA

1.4.1 Recursos Hídricos: Uso e conservação

O crescimento das atividades humanas na escala regional é particularmente importante por permitir a consideração prévia de tendências e atividades que ameaçam a

qualidade ambiental, como o crescimento urbano local, que poderão ser projetadas para escalas maiores (Mascarenhas et al., 2012). Segundo (Helbron et al. 2011), os instrumentos de planejamento territorial regional representam compromissos entre objetivos distintos de uso e ocupação do solo em áreas específicas, com potencial para promover o desenvolvimento social e econômico articulado à proteção dos recursos hídricos.

O desafio em relação à água no século XXI é tanto de quantidade quanto de qualidade. A verdade é que, muitas vezes, em consequência de má administração, grande parte da água disponível não só nas economias em desenvolvimento, mas também nas economias desenvolvidas, está poluída e contaminada em níveis variados (Teixeira, 2016). No Brasil, o tema da gestão de recursos hídricos está, prioritariamente, relacionado aos Estados e à União, enquanto a Constituição Federal atribui ao município a competência para legislar sobre o uso e a ocupação do solo.

Nas regiões áridas e semiáridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar à pequena disponibilidade hídrica ainda disponível (Hespanhol, 2003).

A importância de se refletir sobre o gerenciamento dos recursos hídricos vem crescendo frente à crise hídrica enfrentada nos últimos anos. Os ecossistemas de água doce, em termos de quantidade e qualidade, são os mais degradados em esfera global. Dentre esses ecossistemas estão os lagos e rios, que apesar de representarem uma pequena parcela da água total do planeta, são de grande relevância em relação à água potável acessível (Gleick et al., 2014; OECD, 2015).

No sentido de tentar mitigar os impactos ambientais negativos sobre os recursos hídricos, a crescente prática do reúso de águas residuárias tratadas (ART) vem sendo motivada, essencialmente, pela necessidade de proteção dos meios hídricos receptores dos efluentes de estações de tratamento de esgoto (Silva et al., 2017).

Para Monte e Albuquerque (2010), existe a necessidade de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, na qual se inclui a conservação da água e com reúso de ART representando uma componente estratégica importante. Os recursos hídricos subterrâneos são uma relevante fonte de abastecimento urbano, industrial e agrícola, no entanto, quando são sobreexplorados, os volumes extraídos não são compensados pela recarga de aquíferos, provocando rebaixamento acentuado do seu nível, o que pode levar à sua contaminação por água do mar ou fontes de poluição difusa (Righetto &

Rocha, 2005; Werner, 2010). Nesse contexto, o uso de água de menor qualidade, além de atender a parte da demanda de água da planta, também pode fornecer nutrientes necessários para as plantas (Rocha et al., 2014).

A comprovação da eficiência econômica do reúso agrícola da água requer custos mais baixos que outras soluções que tenham a mesma finalidade. Ou seja, quando considerados os custos de irrigação com outro tipo de água, ou o tratamento convencional de esgotos com o lançamento direto nos corpos d'água, esse sistema apresenta menores valores. O que significa que o custo do metro cúbico do efluente tratado, deve ser menor que o custo da água para o irrigante e que o custo para o tratamento de esgotos será menor para a empresa de saneamento (Winpenny et al., 2010).

O reúso de águas residuárias tratadas é considerado um instrumento promissor de potencialização do uso dos recursos hídricos, cada vez mais ameaçado de escassez. Arelado a essa perspectiva, trata-se de uma maneira sustentável e ecológica, podendo assim os recursos hídricos serem aproveitados de forma contínua e permanente. Intrínseco a isso, a conscientização ambiental vem se destacando a cada dia nos diversos segmentos da sociedade moderna civil organizada nas esferas políticas tomadoras de decisão (Sousa e Leite, 2003).

1.4.2 Saneamento ecológico

Atualmente quase metade da população global vive sem condições mínimas de de saneamento básico, de acordo com o padrão moderno, onde não possuem sanitários para coleta e tratamentos dos incrementos orgânicos gerados diariamente por cada indivíduo, este cenário é encontrado, principalmente em países que estão em desenvolvimento (Sala-Garrido et al., 2012).

Segundo a Unesco (2017), em todo o mundo mais de 2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a instalações sanitárias adequadas. É um grande desafio proporcionar sistemas ambientais de saneamento e serviços para essas pessoas, levando em consideração a acessibilidade, durabilidade, conveniência, design estético, eficiência e eficácia do método. Fatores como a degradação ambiental, recursos insuficientes e o crescimento populacional alimentam ainda mais o círculo vicioso do saneamento pobre (Mo e Zhang, 2013).

O saneamento convencional (Con-San), que é simbolizado por sistemas de descarga de água e coleta de águas residuárias, é caracterizado por baixa eficiência nos

tratamentos terminais de águas residuais e resíduos, também exigem equipamentos complexos e experiência para operar e manter o mesmo, consumindo grandes quantidades de energia, recursos naturais e financeiros, por isso, vem se caracterizando cada vez mais como uma metodologia insustentável (Thibodeau et al., 2014).

Assim, técnicas mais viáveis economicamente e ambientalmente vêm sendo discutidas e implantadas em todo o mundo, principalmente nos países africanos, onde o sistema de saneamento básico é muito precário. Nesse contexto, O saneamento ecológico é uma alternativa para realizar saneamento sustentável, higienicamente, filosófica e holisticamente seguro. Ele é baseado como um saneamento orientado dos resíduos orgânicos excretados pelo ser humano e alicerçado em abordagens ecossistêmicas, onde com o fechamento de ciclos de fluxo de material e energia, surge uma nova tendência tratamento e reaproveitamento (de eliminação de esgoto para recuperação de recursos) e uma reconceituação de saneamento do modelo 'drop-flush-forget' para proteção ambiental em fontes para o 'drop and reuse' (Roma et al., 2013).

O saneamento ecológico tem emergido como uma imensa área potencial que reconhece excrementos humanos, urina, águas negras e cinza utilizadas nas residências como um recurso e não como um desperdício (Golder et al., 2007).

Os sistemas de saneamento básico, atualmente utilizados, se caracterizam por trabalhar em ciclos abertos desperdiçando tanto a água quanto os nutrientes inseridos nos efluentes (Silva et al., 2007). O Saneamento Ecológico é uma alternativa aos sistemas de tratamento de esgoto convencionais, que visa a sustentabilidade ambiental e econômica. Com um baixo custo de implantação, transporte, tratamento das excretas e uso na agricultura, o saneamento focado em recursos pode ser adotado como uma técnica sustentável para disposição das excretas em situações de emergência (Botto, 2013a).

Werner et al., (2009), Jönsson (2004) afirmam que as principais características do saneamento ecológico são: promoção do reúso seguro de nutrientes, matéria orgânica, água e energia; redução da contaminação biológica dos corpos hídricos por microrganismos patogênicos; proteção e conservação aos recursos naturais; contribuição para preservação da fertilidade dos solos; valoração das excretas humana utilizada na produção de alimentos; geração de emprego e renda criando oportunidades de trabalho agrícola e aumento da segurança alimentar.

1.4.3 Reúso agrícola de águas residuárias

O desenvolvimento agrícola exige a criação de novas estratégias, no sentido de potencializar a produtividade e minimizar os riscos na produção. Com o aumento do crescimento demográfico, a produção de alimentos com base apenas na estação chuvosa não é mais o suficiente para suprir a demanda de maneira equilibrada. Um dos maiores desafios da agricultura moderna é o aumento da competitividade, quantidade e qualidade dos produtos, atrelado à preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente, permitindo benefícios sustentáveis nas explorações agrícolas. Assim, é importante avaliar e adequar cada um dos fatores que compõem o sistema de produção, incluindo a eficiência e o manejo do uso da água de e na irrigação (Dantas et al., 2014).

Na atualidade, estão sendo desenvolvidas metodologias e estratégias para o desenvolvimento de pesquisas que visam, além do tratamento, o aproveitamento dos resíduos produzidos pelas atividades agroindustriais.

As questões de sustentabilidade e conseqüentemente ambientais têm suscitado reflexões e preocupações constantes, uma vez que os resíduos gerados têm potencial para causar danos ambientais, se não forem devidamente tratados ou enviados a um destino ambientalmente correto (Kraemer, 2014).

O uso de águas residuárias para fins de produção agrícola propõe um elemento estratégico na gestão integrada dos recursos hídricos, já que eleva o volume de oferta e supre com eficiência as demandas do setor, pois além do potencial hídrico, também oferece o aporte nutricional fornecendo as plantas nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Rebouças et al., 2010).

Israel reutiliza 75% dos efluentes gerados, seguido de 14% na Espanha, 9% na Austrália, 8% na Itália, 5% na Grécia e menos de 1% na Europa (Juanicó, 2007). Logo, a prática do reúso de águas residuárias tratadas, tem papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo ser potencialmente utilizadas em regiões áridas e semiáridas, como no Nordeste brasileiro (Ribeiro et al.; 2012).

Vários estudos têm mostrado a eficácia do uso de águas residuárias na agricultura, como citam Barreto et al. (2014) que cultivaram milho com esgoto doméstico, Jorge et al. (2017) que avaliaram a produção do tomateiro fertirrigado com água residuárias de bovinocultura de leite, Ramos et al. (2017b) que trabalharam com a avaliação do crescimento inicial do milho híbrido AG 1051 em solo fertilizado com esterco bovino curtido, urina humana e manureira tratadas, além de Santos et al. (2015) que analisaram os atributos químicos do solo quando cultivado com algodão e fertilizado água de esgotos sanitários tratados.

1.4.5 Uso de urina humana na agricultura

A urina humana ou água amarela é um produto líquido eliminado pelo corpo humano, secretado pelos rins por um processo de filtração do sangue chamado de micção e excretado através da uretra (Karak e Bhattacharyya, 2011). Ainda segundo o autor cada ano um indivíduo produz em média 2,5 a 4,3 quilos de nitrogênio, 0,7 a 1,0 quilo de fósforo e 0,9 a 1,0 quilo de potássio por ano, todos os quais são elementos utilizados como fertilizantes na agricultura.

Vários estudos foram realizados a fim de traçar um perfil acerca das percepções dos usuários e dos agricultores, em relação ao uso de urina humana na agricultura em diferentes regiões do mundo, e os resultados variam de acordo com a cultura local e experiência anterior com o uso da urina como fertilizante (Lienert et al., 2003).

A urina humana contém nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Sua contribuição nutricional torna-se também uma importante fonte de fertilizantes minerais naturais (Mnkeni et al., 2008 e Pradhan et al., 2009). No entanto, micropoluentes como hormônios, produtos farmacêuticos resíduos e agentes patogênicos podem ser excretados nela (Winker et al., 2008). O tratamento de urina humana antes da sua aplicação em solos deve ser realizado no sentido de reduzir os riscos à saúde e ao ambiente, devido à presença de alguns compostos principalmente pela, especialmente quando é coletada em sistemas de grande escala (OMS, 2006). Este efluente é um tipo de água residual que encontrou aplicação em larga escala no complemento da produtividade agrícola como biofertilizante líquido (Schönning, 2001; Beler-Baykal et al., 2011).

Países como a Suécia, por exemplo, já possuem uma legislação vigente para utilização de urina humana como fonte de adubação, sugerindo que a urina permaneça estocada entre seis meses e um ano antes de ser utilizada em qualquer cultivo de alimentos para consumo humano ou na produção de forragem e, ainda, áreas de parque (Kvarnström et al., 2006).

Este efluente é um recurso valioso, ainda que subestimado e subutilizado, para a fertilização das plantas, ele tem sido utilizado na agricultura desde a antiguidade, e também em sistemas agrícolas intensivos em várias partes da Ásia (Goldstein, 2012).

No que diz respeito à microbiologia da urina humana, no indivíduo saudável a urina é estéril na bexiga. Quando transportada para fora do corpo humano, as bactérias

são arrastadas e a urina recentemente excretada contém normalmente concentração de <10.000 bactérias/mL (Schönning, 2001).

Os principais microrganismos causadores de doenças que podem ser excretados pela urina humana e a importância da urina como meio de transmissão (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 Patógenos que podem ser excretados na urina e a importância da urina como meio de transmissão.

| Patógenos | Urina como Meio de Transmissão | Importância |
|--|---|--|
| <i>Leptospira interrogans</i> | Usualmente através da urina animal | Provavelmente baixo |
| <i>Salmonella typhi</i> e <i>Salmonella paratyphi</i> | Provavelmente incomum, excretada na urina em infecção sistêmica | Baixo comparado com outros meios de transmissão |
| <i>Schistosoma haematobium</i> (ovos excretados) | Não direta, mas indiretamente, a larva infecta os humanos através da água doce | É necessário considerar em áreas endêmicas onde água doce é disponível |
| Mycobacteria | Incomum, normalmente transportado pelo ar | Baixo |
| Vírus: citomegalovírus (CMV), JCV, BKV, adeno, hepatite e outros | Normalmente não reconhecido, com exceção de casos isolados de hepatite A e sugerido para a hepatite B. Necessita de mais informação | Provavelmente baixo |
| Microsporidia | Sugerido, mas não reconhecido | Baixo |
| Causadores das doenças Venéreas | Não, não sobrevivem durante períodos significativos fora do corpo | - |
| Infecções do trato urinário | Não, não há uma transmissão ambiental Direta | Baixo |

Fonte: Schönning & Stenström (2004).

A principal diferença entre um sistema de coleta de urina humana ecológico e o sistema convencional de saneamento ecológico conta com o vaso sanitário separador de urina e fezes, possuindo duas saídas e dois sistemas de coleta: um para a urina e outro para as fezes, com a finalidade de manter as frações da excreta separadas (Kvarnström et al., 2006).

Visando a prevenção de contaminação biológica provocada pelo uso de urina contaminada por fezes (contaminação cruzada), coletada em sistema de dupla separação, na Suécia foram estabelecidas diretrizes para higienização da urina humana através do armazenamento. A Tabela 1.2 apresenta as diretrizes suecas, recomendadas para o tempo de armazenamento da urina, baseadas em conteúdo de patógenos estimado e cultivos recomendados para sistemas de grande porte.

Tabela 1.2 Normas suecas com recomendações de tempo de armazenamento da urina e cultivos recomendados para sistemas de grande porte.

| T. A (°C) | t. a (mês) | P. P. M. U. A | Cultivos recomendados |
|-----------|------------|---------------------|--|
| 4 | ≥ 1 mês | Vírus, protozoários | Cultivos alimentícios e cultivos de forragem que serão processados |
| 4 | ≥ 6 meses | Vírus | Cultivos alimentícios que serão processados, cultivos de forragem |
| 20 | ≥ 1 mês | Vírus | Cultivos alimentícios que serão processados, cultivos de forragem |

Legenda: T. A: Temperatura de Armazenamento; t. a: tempo de armazenamento; P. P. M. U. H. A: Prováveis Patógenos na Mistura de Urina Humana após Armazenamento.

Fonte: Adaptada de Schönning & Stenström (2004)

O uso da urina como fonte de nutrientes na agricultura já é uma realidade em países da África (Akpan-Idioka et al., 2012) e na China, já no Brasil existem poucos indícios relatados (Louro et al., 2012). Diversos estudos têm mostrado a potencialidade do uso de águas amarelas na agricultura como fonte de nutrientes no crescimento e produção de diversas culturas (Botto et al., 2017; Araújo et al., 2015; Junior et al., 2015; Yang et al., 2015; Akpan-Idiok et al., 2012; Pradhan et al., 2010; Guzha et al., 2005).

1.4.6 Uso de manipueira na agricultura

O Brasil se destaca como o segundo maior produtor de mandioca do mundo. A maior parte desta produção é utilizada para obter amido e farinha (FAO, 2010), que gera grande produção de resíduos das fábricas de amido (água de mandioca). A região Nordeste foi a maior produtora de mandioca, aproximadamente oito milhões de toneladas no ano de 2011; dentre os estados dessa região, os três maiores produtores foram: Bahia, que produziu 2.966.230 toneladas de mandioca; Ceará e Pernambuco cujas respectivas produções foram de 836.606 e 520.330 toneladas (IBGE, 2011).

A Nigéria, o maior produtor mundial de mandioca no ano de 2011, com 52.403 milhões de toneladas, seguida pelo Brasil e Indonésia cujas produções foram iguais a 25.441 e 24.010 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2011). Estima-se que a cada tonelada de raiz processada tem-se uma geração de 267 a 419 litros de manipueira, resíduo com alto potencial poluidor (Conceição et al., 2013).

A eliminação desses resíduos diretamente no solo e em corpos hídricos causa sérios impactos ambientais negativos sobre a água e solo. Práticas sustentáveis podem vir a contribuir para a utilização desses resíduos, como insumos nos processos de produção e fertilização do solo, o que permite uma maior eficiência na integração de diversas atividades agrícolas, bem como a mitigação dos impactos ambientais negativos, destinando assim esses efluentes a um descarte ambientalmente correto (Bezerra et al., 2017; Magalhães et al., 2014).

De acordo com Wosiacki e Cereda (2002), a disposição indiscriminada da manipueira, conhecida pelo poder poluidor e elevada toxidez ao meio ambiente, pode aumentar degradação dos solos, em virtude do desequilíbrio entre nutrientes, do aumento da salinidade ou da sodicidade e da diminuição do pH dos solos.

Segundo Barana (2008), a DQO (Demanda Química de Oxigênio) da manipueira bruta é de 50.000 mgL⁻¹, enquanto que o esgoto doméstico bruto apresenta DQO de 2.000 mgL⁻¹, evidenciando o potencial poluidor desse tipo de efluente, onde os corpos hídricos não tem capacidade de depurar tais resíduos em altas concentrações.

A manipueira possui além da alta DQO, altas concentrações de um glicosídeo cianogênico altamente hidrolizável, principalmente a linamarina, do qual provém o ácido cianídrico e lotaustralina. A primeira em maiores concentrações, pode assim promover redução do oxigênio dissolvido e eutrofização dos corpos d'água, morte da fauna aquática e de animais que podem consumir a água com excesso de gás cianídrico (Teixeira et al., 2011; Campos et al., 2006; Fioreto, 1987).

A água residual de mandioca ou manipueira é um resíduo de aspecto leitoso, de cor amarelo-clara, odor forte, gerado no processamento de mandioca para produzir farinha, possui composição química com grande potencial para ser usada como biofertilizante, por causa de suas altas concentrações de nitrogênio (N) (3064,0 mg L⁻¹), fósforo (P) (312,0 mg L⁻¹), potássio (K) (3200,0 mg L⁻¹), cálcio (Ca) (241,9 mg L⁻¹) e magnésio (Mg) (1588,2 mg L⁻¹) (Dantas et al., 2015) e menores teores de micronutrientes. A composição química da manipueira depende de fatores intrínsecos a cultivar utilizada, condições de solo e do clima do local onde está localizado o cultivo, ao tipo de processamento utilizado para obtenção da farinha ou do amido e ao processo empregado para tratamento da manipueira (Pinho, 2007).

Na literatura estão disponíveis diversos estudos que indicam e evidenciam a potencialidade do uso da manipueira na produção agrícola, e conseqüentemente, nos atributos físico-químicos do solo conforme os autores: Araújo et al. (2012) que analisaram os efeitos da adubação via foliar do milho com efluente oriundo da prensagem da mandioca; Duarte et al. (2012) que avaliaram o crescimento e produção da alface cultivada em solo fertilizada com diferentes concentrações de manipueira; Duarte et al. (2013) que observaram as alterações nos atributos físicos e químicos de um neossolo após aplicação de diferentes doses de manipueira; Bezerra et al. (2017) que estudaram o desenvolvimento do capim-marandu cultivado em solo fertilizado com manipueira; Neves et al. (2017) que pesquisaram o efeito da aplicação de manipueira tratada no desenvolvimento de plantas de cambre.

1.4.7 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura importante na economia mundial, caracterizada por muitas formas de uso, desde a alimentação até a indústria de alta

tecnologia, sendo este consumido *in natura*, beneficiando a alimentação humana e animal (Picarelli, 2012). No cenário mundial, o Brasil ocupa a terceira posição como maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (EMBRAPA, 2012).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária, a área cultivada de milho no Brasil para safra de 2014/2015 foi de 15,22 milhões de hectares. Sendo o principal destino da safra a alimentação humana e animal, bem como no uso industrial, constituindo a base para diferentes produtos nas indústrias química, farmacêutica, têxtil, automobilística, entre outras, além disso, participa com mais de 60% da composição de rações destinadas à avicultura e suinocultura (Carvalho et al., 2014; CONAB, 2016).

O nitrogênio (N) é o nutriente quantitativamente mais exigido pela cultura do milho e o que mais onera a produção deste cereal (Civardi et al., 2011). Assim as plantas de milho acumulam o nitrogênio (N), seguido do potássio (K) e fósforo (P). Aproximadamente, 60% a 70% do nitrogênio e 85% do potássio extraídos do solo durante o ciclo da cultura, são acumulados antes do florescimento do milho (Duarte et al., 2003). Apesar do N desempenhar um papel fundamental para aumentar a produtividade do milho, este elemento provoca aumento nos custos de produção dessa cultura (Silva et al., 2005).

O desenvolvimento do milho se divide em cinco estádios: estágio I: germinação e emergência, estágio II: crescimento vegetativo, estágio III: florescimento, estágio IV: frutificação e estágio V: maturação (EMBRAPA, 2006).

Segundo Coelho (2007), a aplicação de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento do milho (estádio fenológico 5 a 6 folhas) proporciona um maior índice de área foliar e maior número de grãos por espiga, proporcionando a manifestação do potencial genético da planta. E quando na ausência de N na semeadura, a cobertura deverá ser efetuada até o estágio correspondente a quatro ou cinco folhas, caso contrário à perda de produção assume valor significativo.

A aplicação parcelada de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos é importante, para que se possa obter a maior eficiência agronômica do fertilizante na planta, pois este macronutriente possui alta mobilidade no solo, além de poder ocorrer perdas por volatilização e lixiviação e conseqüentemente, decréscimo na produção de grãos de milho (Silva e Borges, 2008; Oliveira, 2015).

1.4.8 Fertirrigação

A fertirrigação é uma das principais tecnologias adotadas no setor de produção de vegetais, especialmente em frutas e cultivo em ambiente protegido (Marcussi et al., 2004), estando entre os meios mais eficientes no uso de aplicação de fertilizantes, tornando-se uma prática comum na agricultura irrigada moderna (Medeiros et al., 2012a).

Esta técnica tem o potencial de fornecer uma mistura certa de água e nutrientes para a zona radicular, desta forma atendendo às necessidades de água e nutrientes das plantas da maneira mais eficiente possível. Esta permite uma aplicação precisa e uniforme de nutrientes na área molhada onde a maioria das raízes ativas estão concentradas, facilitando assim a absorção e conseqüentemente assimilação dos nutrientes disponíveis na solução do solo (Battilani, 2006).

No entanto, este método deve ser gerenciado de tal forma a manter uma concentração iônica adequada na solução do solo. Isso por que vários estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de realizar um acompanhamento e monitoramento da solução do solo, em relação à condutividade elétrica (CEes) (Silva et al., 2013) ou a concentração de íons específicos, especialmente N e K (Oliveira et al., 2015), e os resultados mostram que o uso desta tecnologia é promissor.

Medeiros et al. (2012b), em estudo com tomate, descobriram que os maiores rendimentos e eficiências no uso de nutrientes foram obtidos usando o manejo da fertirrigação com base no controle e monitoramento da solução do solo, demonstrando a importância de mais estudos sobre esse assunto.

A fertirrigação é uma metodologia que está sendo praticada por muitos produtores em todo país, isso porque proporciona aumento na eficiência de absorção de nutrientes pela planta, tornando os nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo e fácil de serem absorvidos, uma vez que permite seu parcelamento de acordo com a marcha de absorção da cultura (Marcussi, 2005; Oliveira e Villas Bôas, 2008).

Trata-se de um dos melhores e mais eficientes métodos de adubação das culturas, pois combinam água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar são os fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas. Uma boa combinação desses dois fatores determina o rendimento e a qualidade das hortaliças (Trani et al., 2011).

A marcha de absorção de nutrientes em cada estágio de desenvolvimento das culturas é fundamental para subsidiar estratégias de definição das quantidades e das épocas de realizações de adubação e das quantidades mínimas que devem ser incorporadas ao solo, para fins de manutenção da fertilidade. Isso contribui para o aumento da eficiência no manejo das culturas, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos, com o conseqüente uso racional e eficiente dos insumos aplicados no solo (Franco et al., 2011).

De maneira geral, para cultura do milho as absorções de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o aumento da produtividade da cultura do milho, sendo o N o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido por K, P, Ca e Mg (Vasconcellos et al., 1983; Coelho e França, 1995). Assim, é de suma importância as demandas nutricionais, bem como as épocas mais adequadas de fornecimento de nutrientes para assim promover o aumento da produtividade nas lavouras e para aumentar a eficiência desses insumos (Von Pinho et al., 2009).

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa resultou em três trabalhos distintos, com suas metodologias específicas, por meio da qual as abordagens serão realizadas nos três capítulos seguintes. Logo, algumas caracterizações, informações e ações foram comuns a todos os trabalhos e estão descritas a seguir.

1.5.1 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande, município de Campina Grande, PB, cujas coordenadas geográficas são 7° 13' 51" Sul e 35° 52' 54" Oeste, altitude de 512 metros ao nível do mar no período de agosto a novembro de 2017. De acordo com Koppen (1948) o clima predominante é AS', semiárido, quente e úmido, com uma temperatura máxima anual de 28,6°C e um mínimo de 19,5°C, e pluviosidade média anual de 765 mm. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em uma estufa plástica com 32 metros de comprimento e 20 de largura, área de 640 m², estrutura metálica, sendo do tipo cobertura e arco, coberta com polietileno de baixa densidade de 150 µm e laterais revestidas com tela de sombreamento com índice de proteção de 80 %.

Foi realizado o monitoramento da temperatura máxima e mínima no interior da casa de vegetação durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura. As leituras foram sempre realizadas diariamente às 9:00 horas da manhã com o auxílio de um termômetro digital (Figura 1.1). A temperatura mínima média no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento foi de 26,4 °C e temperatura máxima média de 30,8 °C.

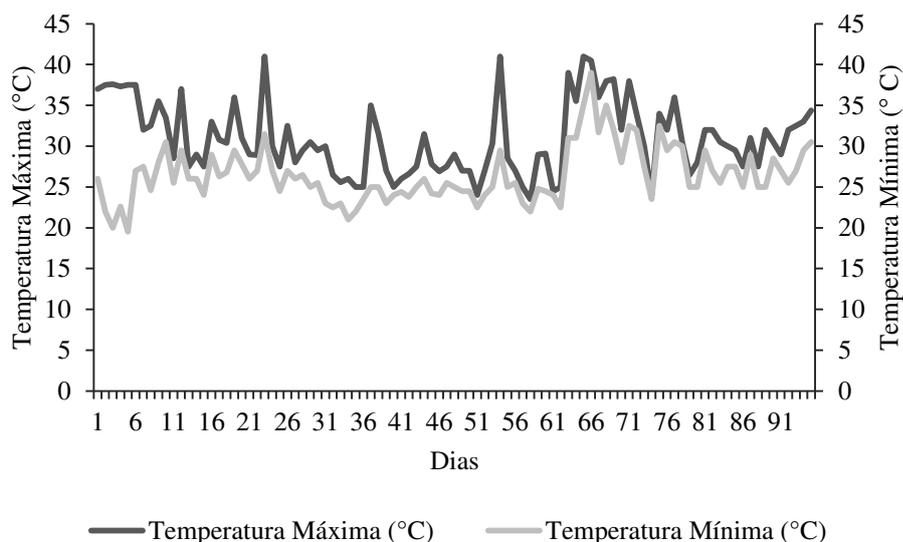


Figura 1.1 Valores da temperatura máxima (°C) e temperatura mínima (°C) no interior da casa de vegetação.

1.5.2. Cultivar selecionada

A escolha do milho foi o híbrido AG 1051 utilizada no estudo se deu sua grande aceitação pelos agricultores, pois o mesmo tem potencialidade de produção para comercialização estando fresco, secou e/ou beneficiando, assim, como o mesmo apresenta grande quantidade de palha que é utilizada para fabricação de silagem, comumente usada na alimentação animal.

1.5.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e quatorze tratamentos, perfazendo assim 56 unidades experimentais. Os tratamentos foram determinados para avaliar o efeito destes no crescimento e produção do milho com o uso da adubação química com NPK, e orgânica com urina humana e manureira tratadas como fontes de nutrientes aplicados ao solo via adubação de fundação e via fertirrigação (F) em ambiente protegido. Assim, o trabalho foi realizado

em dois experimentos. No primeiro a adubação foi realizada via fundação e no segundo via fertirrigação (F), dividida em oito sessões aplicadas durante o desenvolvimento da cultura em intervalo de cinco dias.

Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueria e 48,7 % de urina humana tratadas, obtendo-se 14 tratamentos e totalizando 56 unidades experimentais. Foram realizadas oito fertirrigações em intervalos temporais de cinco dias entre cada uma.

A estimativa do volume de urina humana e manipueria tratadas aplicadas em cada unidade experimental foi determinada segundo a metodologia de Novais et al., (1991), tomando por base a concentração do nitrogênio presente na urina humana e o potássio presente na manipueira, devido suas altas concentrações em cada efluente respectivamente. A adubação química (NPK) também foi estimada através da metodologia proposta de Novais et al., 1991, por meio da qual, a fonte de nitrogênio foi o nitrato de cálcio (15,5 % de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), de fósforo foi o ortofostato simples (18 % de P_2O_5) e do potássio foi cloreto de potássio (60 % de K).

1.5.4 Coleta, tratamento e caracterização físico-química da urina humana e manipueira

A urina humana utilizada como fonte de nutrientes no experimento foi oriunda de três mictórios residências do município de Campina Grande-PB, onde por meio de garrafas plásticas, assim que a urina humana era expelida a mesma era coletada e sequentemente armazenada.

Antes de ser utilizada, a urina humana foi submetida a um tratamento prévio, por meio do qual foi armazenada em um tambor plástico de 20 litros hermeticamente vedado, ali passou em repouso durante 60 dias, sob ação de bactérias anaeróbicas que digeriram o efluente elevando o seu pH, a deixando com pH alcalino, em torno de 9,0.

A manipueira utilizada no experimento foi coletada em uma feccularia artesanal do município de Puxinanã-PB. Posteriormente, este efluente foi submetido a um processo de digestão anaeróbica em um recipiente plástico com capacidade para 85 litros hermeticamente vedado. Na tampa do reservatório foi colocada uma mangueira

com a outra extremidade conectada a uma garrafa PET com água na altura de 5 cm para liberação dos gases gerados durante a digestão do efluente, principalmente o ácido cianídrico, que pela presença de um glicosídeo cianogênico conhecido como linamaria, este quando hidrolizado libera grande quantidade desse ácido no efluente. Após o tratamento foi realizada a caracterização físico-química da urina humana e da manipueira seguindo a metodologia proposta pela Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005) (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 Caracterização físico-química da urina humana e manipueira tratadas.

| Urina humana tratada | | | | | | | |
|---|---------------|------------------------------|---------------|---|-------------|--------------|------------------------------------|
| pH | CE (mS/cm) | DQO (mgO ₂ /L) | NTK (mg/L) | PO ₄ ⁻³ (mg/L) | K (mg/L) | Na (mg/L) | Ca+Mg (mg CaCO ₃ /L) |
| 9,00 | 20,07 | 336,54 | 14994 | 761,37 | 2257,28 | 3310,52 | 2,85 |
| Manipueira tratada | | | | | | | |
| pH | CE (mS/cm) | DQO (mgO ₂ /L) | NTK (mg/L) | PO ₄ ⁻³ (mg/L) | K (mg/L) | Na (mg/L) | Ca+Mg (mgCaCO ₃ /L) |
| 3,05 | 10,68 | 69230,76 | 945,50 | 218,26 | 3307,47 | 272,95 | 19,95 |
| Solução (Urina humana + manipueira tratadas) | | | | | | | |
| pH | CE (mS/cm) | DQO (mgO ₂ /L) | NTK (mg/L) | PO ₄ ⁻³ (mg/L) | K (mg/L) | Na (mg/L) | Ca+Mg (mg CaCO ₃ /L) |
| 7,15 | 38,08 | 46246,15 | 9878,40 | 438,20 | 2730,15 | 2010,15 | 11,21 |

pH: Potencial Hidrogeniônico; CE: Condutividade Elétrica; DQO: Demanda Química de Oxigênio; NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; PO₄⁻³: Ortofosfato; K: Potássio; Na: Sódio e Ca+Mg: Dureza Total.

Com objetivo de tentar reduzir o pH da solução, foram realizadas algumas simulações, variando o volume de urina humana em função do volume de manipueira utilizadas. Assim, foi possível atingir um pH de 7,15 preparando a solução com 475 ml de urina humana e 500 ml de manipueira.

1.5.5 Solo utilizado e preparo das unidades experimentais

O solo utilizado no experimento foi coletado no município de Puxinanã-PB e foi classificado como Litólico Eutrófico (Embrapa, 2006a) as características físico-químicas foram determinadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e apresentaram as seguintes características e valores: pH em água (1:2:5) = 5,58; CE = 0,56 mmhos cm⁻¹; H+Al = 0,00 cmol^c dm⁻³; Mg = 2,78 cmol^c dm⁻³; Ca = 9,07 cmol^c dm⁻³; K = 0,33 cmol^c dm⁻³; Na = 1,64 cmol^c dm⁻³; P = 3,98 cmol^c dm⁻³; S = 13,72 cmol^c dm⁻³; Carbono Orgânico = 1,70 %; Matéria Orgânica = 2,93 % e densidade do solo = 1,28 g cm⁻³.

A instalação e distribuição espacial das unidades experimentais ocorreram pelo espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Foram utilizados 56 vasos de

20 litros, na extremidade inferior de cada vaso foi realizada a perfuração, neste orifício foi colocado um dreno transparente flexível para realizar a drenagem. Em cada orifício, foi colocada uma manta geotextil, como o objetivo de impedir o entupimento do mesmo. Acima da manta geotextil ou bidim foi posta uma camada de 0,3 kg de brita nº 1, e logo em seguida 33 kg de solo.

As unidades experimentais ficaram a 0,5 m do solo, onde, em sua extremidade inferior, logo após o dreno, foram acopladas garrafas plásticas de 2 litros, com o objetivo de que fosse realizada a recirculação de todo o volume drenado, promovendo assim a recirculação de nutrientes que por ventura viessem a ser lixiviados nos eventos de irrigação. Após a organização das unidades experimentais, essas foram submetidas à condição proximidade a capacidade de campo, a água utilizada foi a de chuva com condutividade elétrica $CE = 4,0 \mu\text{Scm}^{-1}$. Assim que o solo ficou próximo à capacidade de campo, não havendo mais volume drenado, 24 horas após o evento de irrigação, foram então aplicado os tratamentos.

1.5.6 Adubação e semeadura

A semeadura foi realizada colocando-se seis sementes do milho híbrido AG 1051 em cada unidade experimental. Nas unidades experimentais cuja forma de fertilização do solo foi via adubação de fundação, foi realizada 15 dias antes da semeadura, tempo necessário para estabilização de seus nutrientes e evaporação do ácido cianídrico. Nesse período, a umidade do solo foi sempre mantida próximo à capacidade de campo baseado no princípio de lisimetria de drenagem. Após os 15 dias foi realizada a semeadura em todas as 56 unidades experimentais.

A aplicação da fertirrigação foi iniciada quando as plantas apresentavam entre quatro e cinco folhas totalmente expandidas. As fertirrigações foram fracionadas em oito aplicações com intervalo de cinco dias. A fertirrigação com adubação química, os nutrientes foram diluídos em 6 litros de água destilada. Assim como a solução de urina humana e manípueira, seu volume total a ser aplicado foi dividido e aplicado de maneira fracionada igualmente a adubação química.

1.5.7 Tratos culturais

Aos 15 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando apenas quatro plantas por unidade experimental, as quais foi retirada uma a cada 15 dias após a emergência, deixando-se apenas uma planta até o final do ciclo. O controle de plantas

espontâneas foi realizado manualmente. Realizou-se controle manual das pragas, tais como a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e para mosca branca (*Bemisia argentifolii*) foi necessário aplicação de inseticida, buscando sempre manter a cultura na sua capacidade máxima produtiva, mitigando ao máximo a ação de efeitos de agentes externos.

1.5.8 Controle da irrigação

A irrigação foi determinada seguindo o princípio da lisimetria de drenagem por metodologia proposta por Bernardo et al., (2008), a fim de determinar a evapotranspiração da cultura (Etc) (Equação 1). A água utilizada na irrigação do milho foi proveniente de uma caixa d'água de polietileno de 5 m³ de água de chuva, que possuía uma CE de 4,0 dS/cm.

$$ETc = Va - Vd \quad \text{Eq. 1.1}$$

Onde:

Etc: a evapotranspiração da cultura; Va: volume aplicado; Vd: volume drenado.

1.5.9 pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes)

O pH e a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) foi quantificado antes e após a aplicação dos tratamentos no solo sem a cultura, e ao final do seu ciclo. Para determinação desses dois parâmetros foi retirada uma amostra de 10 dm³ de solo, a 20 cm do perfil de cada unidade experimental. Essas amostras foram peneiradas em peneira metálica com mesh de 2 mm. Cada uma delas foi saturada com 20 mL de água destilada e deixada em repouso por 1 hora, logo após foi realizada a leitura do pH através de um pHômetro digital de bancada. Para determinação da (CEes) essa mesma amostra, após a leitura do pH foi colocada em papel filtro, 24 horas depois o filtrado foi utilizado para determinação da CEes em condutímetro digital de bancada.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akpan-Idioka, A. U.; Udob, I. A.; Braide, E. I. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. Resources, Conservation and Recycling, v.62, p.14-20, 2012.

Almeida Dantas, I. L.; Faccioli, G. G.; Mendonça, L. C.; Nunes, T. P.; Viegas, P. R. A.; Santana, L. O. G. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.)/Viability of using treated wastewater for the irrigation of radish (*Raphanus sativus* L.). *Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 9, n. 1, p. 109, 2014.

Alves, B. M.; Cargnelutti Filho, A.; Toebe, C. B. M.; Silva, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. *Ciência Rural*, v. 45, n. 5, p. 884-891, 2015.

Andersson, E. Turning waste into value: using human urine to enrich soils for sustainable food production in Uganda. *Journal of Cleaner Production*, v.96, p. 290 – 298, 2015.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Washington DC: APHA, 2005.

Araújo, N.C.; Ferreira, T.C.; Oliveira, S.J.C.; Gonçalves, C.P.; Araújo, F. A.C de. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Engenharia na Agricultura*, v.20, n.3, p.340-349, 2012.

Araújo, N. C.; Amorim Coura, M.; Oliveira, R.; Meira, C. M. B. S.; Oliveira, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. *Irriga*, v. 20, n. 4, p. 718, 2015.

Barreto da Costa, Z. V.; Tavares Gurgel, M.; Ramos Costa, L.; Campos Alves, S. M.; Ferreira Neto, M.; Oliveira Batista, R. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 9, n. 4, p. 737-751, 2014.

Barana, A C. Despoluição da manipueira e uso em fertilização do solo. I Simpósio Nacional sobre a Manipueira. Vitória da Conquista-Bahia, 2008. (Palestra durante o I

Simpósio Nacional sobre a Manipueira).

Bernardo, S.; Mantovani, E. C.; Soares, A. A. Manual de Irrigação. Viçosa, UFV, 2008. 611p.

Battilani, A.; Solimando, D. Rendimento, qualidade e eficiência de uso de nitrogênio da melancia fertirrigada. *Acta Horticulturae*, v.7, n. 3, p.85-90, 2006.

Belser-Baykal, B.; Allar, A. D.; Bayram, S. Nitrogen recovery from source-separated human urine using clinoptilolite and preliminary results of its use as fertilizer. *Water Science and Technology*, v. 63, n. 4, p. 811-817, 2011.

Bezerra, M. G., da Silva, G. G., Difante, G. D. S., Emerenciano Neto, J. V., Oliveira, E. M., & de Oliveira, L. E. (2017). Cassava wastewater as organic fertilizer in 'Marandu' grass pasture. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 6, p. 404-409, 2017.

Bosco, T.C.; Iost, C.; Silva, L. N.; Carnellosi, CF.; Ebert, D.C.; Schreiner, J.S.; Sampaio, S.C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola - Estudo de caso. *Irriga*, v.13, n.2, p.139-144, 2008.

Botto, M. P.; Santos, A. B. Saneamento básico em comunidade peri-urbana no Ceará: Perspectiva para o ecossaneamento e sanitários separadores. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v.1, n.1, p. 98-110. 2013.

Botto, M. P.; Muniz, L. F.; Aquino, B.; dos Santos, A. B. Produtividade da mamona, cultivar BRS nordestina fertilizada com urina humana na agricultura de pequeno porte. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, v. 10, n. 1, p. 113-124, 2017.

Braga, G.N.M. Na sala com Gismonti. As vantagens da Fertirrigação. Disponível em: Disponível em:< <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/as-vantagens-da-fertirrigacao.html> >. Acesso em: 19 de dezembro de 2017.

Campos, A. T.; Daga, J.; Rodrigues, E. E.; Franzener, G.; Suguy, M. M.; Syperrecker, V. I. G. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. *Engenharia Agrícola*, v.26, n.2, p.235-242, 2006.

Carvalho, A. V.; Brandão, J. S.; Brandão, P. A.; Souza, B. B.; Ferreira, D. H.; Silva, D. R. P.; Batista, N. L. Farelo de palma forrageira na fase final de criação, sobre o desempenho de codornas de corte criadas no semiárido. *Revista Científica de Produção Animal, Paraíba*, v. 14, n. 2, p. 177-180, 2014.

Civardi, E. A.; Nunes, S. N. A.; Ragagnin, V. A.; Rodrigues, G. E.; Brod, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

Coelho, A. M.; França, G. E. Nutrição e adubação: seja doutor do seu milho. 2ªed. aum. *Informações Agronômicas, Piracicaba*, n. 71, p. 1-9, set. 1995 *Arquivo do Agrônomo, Piracicaba*, n.2, p.1-9, set., 1995. Encarte.

Coelho, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007. p.5-9. (Circular Técnica, 96).

CONAB. Campanha Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab. 2016. 109 p.

Conceição, A. A.; Rêgo, A. P. B.; Santana, H.; Teixeira, I.; Cordeiro Matias, A. G. C. Tratamento de efluentes resultantes do processamento da mandioca e seus principais usos. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v..4 n.2, p. 118 – 130, 2013.

Dantas, M. S., Rolim, M. M., de S Duarte, A., Pedrosa, E. M., Tabosa, J. N., & da C Dantas, D. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 4, p. 350-357, 2015.

Duarte, A. P.; Kiehl, J. C.; Camargo, M. A. F.; Reco, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2003.

Duarte, A. S.; Silva, Ê. F. F.; Rolim, M. M.; Ferreira, R. F. A. L.; Malheiros, S. M. M.; Albuquerque, F. S. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.3, p.262–267, 2012.

Duarte, A. S.; Rolim, M. M.; Pedrosa, E. M.; Albuquerque, S. F.; Magalhães, A. G. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 9, p.938-946, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Brasília – DF: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro – RJ: Embrapa Solos, 2006a, 412 p.

EMBRAPA TRIGO. Estádios fenológicos do milho. 2006b. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2017.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Introduction and economical importance of corn.

Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 05 de outubro de 2017.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2010. Agricultura. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2017.

FAO - Food and Agriculture Organization. Produção mundial de mandioca. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 18 dezembro de 2017.

Ferreira, E.A.; Coletti, A. J.; da Silva, W.M.; de Macedo, F.G.; A. N.de Albuquerque. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 27, n. 3, p. 22-29, 2014.

Fioretto, R. A. Manipueira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e a produção de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). *Semina: Ciências Agrárias*, v.8,n.1, p.17-20, 1987.

Franco, A.A.N. Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós – Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais. 2011.

Ganesapillai, M.; Simha, P.; Beknalkar, S. S.; Sekhar, D.M.R. Low-grade rock phosphate enriched human urine as novel fertilizer for sustaining and improving agricultural productivity of *Cicer arietinum*. *Journal Sustainable Production and Consumption*. v. 6, n. 1, p. 62 – 66, 2016.

Gao, H.; C. Zhou.; F. Li.; B. Han .; X. Li. Economic and environmental analysis of five Chinese rural toilet technologies based on the economic input–output life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*,v. 163, n. 2, p. 379-391 2015.

Golder, D.; Rana, S.; Sarkar, P. D.; Jana, B.B. Human urine is an excellent liquid waste for the culture offish food organism, *moina micrura*. *Ecological Engineering*, v. 30, n.3, p. 326 – 332, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em 08 de outubro de 2017.

Goldstein, J. Waste. F. Trentmann (Ed.), *The Oxford Handbook of the History of Consumption*, Oxford University Press, Oxford (2012), p. 326 – 34.

Guzha, E.; Nhapi, I.; Rockstrom, J. An assessment of the effect of human faeces and urineon maize production and water productivity. *Phys Chem Earth*, v. 30, n.11, p. 840-845, 2005.

Gleick, Peter H. (Ed.). *The world's water volume 8: The biennial report on freshwater resources*. Island Press, 2014.

Helbron, H.; Schmidt, M.; Glasson, J.; Downes, N.K. Indicators for strategic environmental assessment in regional land use planning to assess conflicts with adaptation to global climate change. *Ecological Indicators*, , v. 11, n. 1, p. 90-95, 2011.

Hespanhol, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. (Eds.). *Reuso de água*. Barueri: Manole, 2003. p. 37-95.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da produção de mandioca: estimativa para o ano de 2011. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria.pdf>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

Jönsson, H. The role of ecosan in achieving sustainable nutrient cycles. In: International Symposium on Ecological Sanitation. Proceedings, Lübeck, Germany: GTZ/IWA, 2004. Disponível em: <<http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9258.htm>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2017.

Jorge, M. F.; Pinho, C. F.; Nascentes, A. L.; Alves, D. G.; de Almeida, G. V.; Silva, J. B. G.; da Silva, L. D. B. Fertirrigação do tomateiro sob manejo orgânico, utilizando água residuária de bovinocultura de leite. *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 2, 2017.

Juanicó, M. Reutilización de aguas residuales. Qué se puede aprender de la experiencia israelí. *Revista Tecnologia Del Agua*, v.1, n. 285, p. 58-67, 2007.

Júnior, J. A. S.; Souza, C. F.; Pérez-Marin, A. M.; Cavalcante, A. R.; Medeiros, S. D. S.. Interação urina e efluente doméstico na produção do milho cultivado em solos do semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 19, n. 5, p. 456-463, 2015.

Karak, T.; Bhattacharyya, P. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 55, p. 400 – 408, 2011.

Disponível em: <www.elsevier.com/locate/resconrec>. Acesso em 9 de janeiro de 2018.

Kvarnström, E.; Emilsson, K.; Stintzing, A. R.; Johansson, M.; Jönsson, H.; Petersens, E.; Schönning, C.; Christensen, J.; Hellström, D.; Qvarnström, L. Ridderstolpe, P.; Drangert, Jan-o. Separação de urina: Um passo em direção ao saneamento sustentável. Programa EcoSanRes. Instituto Ambiental de Estocolmo, Estocolmo, Suécia, 2006. Disponível em: <www.ecosanres.org>. Acesso em 24 de janeiro de 2018.

Louro, C. A. L.; Volschan Jr. I.; Ávila, G. M. Sustentabilidade ambiental: Estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v.7, n. 3, p. 440 – 447, 2012.

Lienert, J.; Haller, M.; Berner, A.; Stauffacher, M.; Larsen, T. A. How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine). *Water Science and Technology*, v. 48, n. 1, p. 47-56, 2003.

Lucas, S.D.M.; Sampaio, S.C.; Uribe-Opazo, M.A.; Gomes, S.D.; Kessler, N.C. H.; Prado, N.V. Long-term behavior of Cu and Zn in soil and leachate of an intensive no-tillage system under swine wastewater and mineral fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, v. 8, n. 7, p. 639-647, 2013.

KOPPEN W. *Climatologia*. Tradução de Pedro RH Perez. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948.

Kraemer, M. E. P. A questão ambiental e os resíduos industriais. Disponível em: http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_25.pdf. Acesso em: 15 de novembro de 2017.

Kvarnström, E.; Emilsson, K.; Stintzing, A. R.; Johansson, M.; Jönsson, H.; Petersens, E.; Schönning, C.; Christensen, J.; Hellström, D.; Qvarnström, L.; Ridderstolpe, P.; Drangert, J. *Separação de urina: um passo em direção ao saneamento sustentável*. Programa EcoSanRes - Instituto Ambiental de Estocolmo, Suécia, 2006.

Disponível em: http://www.Ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_Portuguese>. Acesso em: 08 de janeiro de 2017.

Magalhães, A. G.; Rolim, M.M.; Duarte, A. de S.; Bezerra Neto, E.; Tabosa, J.N.; Pedrosa, E.M.R. Desenvolvimento inicial do milho submetido a adubação com manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n. 7, p.675-681, 2014.

Marcussi, F. F. N.; Godoy, L. J. G.; Villas Bôas, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. *Irriga*, v.9, n.1, p.41-51, 2004.

Marcussi, F.F.N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. *Engenharia Agrícola* 25: 642-650, 2005.

Mascarenhas, A.; Ramos, T.B.; Nunes, L. Developing an integrated approach for the strategic monitoring of regional spatial plans. *Land Use Policy*, v. 29, n. 3, p. 641-651, 2012.

Maurer, M.; Schwegler, P.; Larsen, T.A. Nutrientes na urina: aspectos energéticos da remoção e recuperação *Water Sci Technol*, 48 (um) (2003), pp. 37 – 46.

Medeiros, P. R. F.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F. Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, n.2, p.344-351, 2012a.

Medeiros, P. R.; Duarte, S. N.; Uyeda, C. A.; Silva, E. F. F.; Medeiros, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n.1, p. 51-55, 2012b.

Mnkeni, P.N.S.; Kutu, F.R.; Muchaonyerwa, P.; Austin, L.M. Evaluation of Human Urine as a Source of Nutrients for Selected Vegetables and Maize under Tunnel House Conditions in the Eastern Cape, South Africa. *Waste Management & Research*, v.26, n.2, p.132-139, 2008.

Mo, W.W.; Zhang, Q. Energy-nutrients-water nexus: integrated resource recovery in municipal wastewater treatment plants. *Journal of environmental management*, v. 127, n1, p. 255-267, 2013.

Monte, H. M.; Albuquerque, A. (2010). Reutilização de águas residuais Guia Técnico, n. 14. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. 339 p.

Neves, A. C.; Bergamini, C. N.; Leonardo, R. D. O.; Gonçalves, M. P.; Zenatti, D. C.; Hermes, E. Effect of biofertilizer obtained by anaerobic digestion of cassava effluent on the development of crambe plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 10, p. 681-685, 2017.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA p. 189-253, 1991.

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Governança dos recursos hídricos no Brasil. Paris: OECD Publishing, 2015.

Oliveira, R. D. Adubação nitrogenada na cultura do milho. (Trabalho de Conclusão de Curso). Posse. 2015.

Oliveira, M.V.A.M.; Villas Bôas R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. Engenharia Agrícola, v.28, n.1, p.95-103, 2008.

Oliveira, F. A.; Duarte, S. N.; Medeiros, J. F. de; Dias, N. da S.; Oliveira, M. K. T.; Silva, R. C. P.; Lima, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. Horticultura Brasileira, v.33, n.2, p.216-223, 2015.

ONU- Organização das Nações Unidas. Perspectivas da população mundial da ONU (Organização das Nações Unidas): a revisão de 2012, os destaques e as tabelas avançadas. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População, 2013.

Pradhan, S.K., Pitkänen, S. and Heinonen-Tanski, H. Fertilizer Value of Urine in Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Cultivation. Agricultural and Food Science, v.18, p.57-68, 2009.

Pradhan, S.K.; Holopainen, J.K.; J. Weisell, H. Heinonen-Tanski. Human urine and Wood ash as plant nutrients for red Beet (*Beta vulgaris*) Cultivation: Impacts on yield quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.58, p. 2034 – 2039, 2010.

Picarelli, G. A. Logistics characterization of the corn of main producing regions of Rio Grande do Sul State. 2012. Universidade de São Paulo "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP. Disponível em: <<http://esalqlog.esalq.usp.br/wp-content/uploads/2015/05/Caracterizacao-da-logistica-do-milho-das-principais-regioes->

produtoras-do-Estado-do-Rio-Grande-do-Sul-PICARELLI-G.-A..pdf >. Acesso em: 11 de novembro de 2017.

Pinho, M.M.C.A. Características químicas de solos adubados com manipueira. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. 56p. Dissertação de Mestrado.

Ramos, J. G., de Lima, V. L. A., Sena, L. F., de Araújo, N. C., de Oliveira Pereira, M., de Araújo Pereira, M. C., & Borges, V. E. (2017). Initial Growth of Corn Using Human Urine, Cassava Wastewater and Cattle Manure as Source of Nutrients. *Journal of Agricultural Science*, v. 9, n. 11, p. 275, 2017.

Ramos, J. G., de Lima, V. L. A., do Nascimento, R., Guimarães, R. F. B., de Oliveira Pereira, M., de Araújo, N. C., de Lima, S. C. Gas Exchanges of Yellow Capsicum Fertilized with Yellow Water and Cassava Wastewater. v. 9, n. 12, p. 316, 2017a.

Ramos, J.G.; do Nascimento, M.T.C.C.; Guimarães, F.F.B.; Pereira, M. de O.; Borges, V. E.; de Araujo, N. C. ; dos Santos, J. S. Quality of Yellow Bell Pepper Fruits Cultivated in Fertilized Soil with Yellow Water and Cassava Wastewater. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 9, n. 10, p. 213-219, 2017b.

Rebouças, J. R. L.; Silva, D. N.; Silva, G. M. I.; Gheyi, H. R.; Sousa Neto, O. N.. Crescimento do feijão caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

Ribas, M.M.F.; Cereda, M.P.; Villas-Bôas, R.L. Uso de águas residuais de mandioca tratadas anaerobicamente com agentes alcalinos como fertilizantes para milho (*Zea mays* L.). *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia*, v.53, p.55-62, 2010.

Ribeiro, D. F.; Mário, C.; Rocha, F. A.; Dos Santos, A. C.; Da Silva, J. O.; Peixoto, D. F.; Vital, P. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 16, n. 6, p. 639–646, 2012.

Righetto, A. M.; Rocha, M. A. Exploração sustentada do aquífero Dunas/Barreiras na Cidade de Natal, RN. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 2, p. 27-38, 2005.

Rocha, S.A.; Garcia, G.O.; Lougon, M.S.; Cecílio, R.A.; Caldeira, M.V.W. Crescimento e nutrição foliar de mudas de *Eucalyptus* sp. irrigadas com diferentes qualidades de água. *Revista de Ciências Agrárias*, v.37, p.141-151, 2014.

Roma, E., Philp, K.; Buckley, C.; Xulu, S.; Scott, D. User perceptions of urine diversion dehydration toilets: Experiences from a cross-sectional study in eThekweni Municipality. *Water As*, v. 39, n. 2, p. 302-312, 2013.

Sala-Garrido, R.; Hernández-Sancho, F.; Molinos-Senante, M. Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach. *Environmental science & policy*, v. 18, p. 34-44, 2012.

Santos, N. J.; Fideles Filho, José. Crescimento, produção e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 2, p. 36-45, 2015.

Silva, E.C., Ferreira, S.M., Silva, G.P., Assis, R.L., Guimarães G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.5, p.725-733, 2005.

Silva, A. B.; Cohim, E.; Kiperstok, A.; Trindade, A. V.; Cova, A. M. W.; Cova, A. C.; Nascimento, F. R. Avaliação do desenvolvimento inicial da *Helicônia bihai* em substrato inerte irrigado com diferentes níveis de diluição de urina humana em casa de vegetação. Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina. Ecosan, Fortaleza, Ceará, 2007.

Silva, J. T. A.; Borges, A. L. Solo, nutrição mineral e adubação da bananeira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 29, n. 245, p. 25-37, 2008.

Silva, P. F. da; Lima, C. J. G. de S.; Barros, A. C.; Silva, E. M. da; Duarte, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.11, p.1173-1180, 2013.

Silva, F.; Scalize, P.; Cruvinel, K.; Albuquerque, A. Caracterização de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 95-102, 2017.

Schönning, C. Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine. In: NJF Seminar, n. 327, Copenhagen, 2001. Disponível em: <<http://www.agsci.kvl.dk/njf327/papers/reviewedSchonning.pdf>>. Acesso em 8 de janeiro de 2018.

Schönning, C.; Stenström, T. A. Diretrizes para o uso seguro de urina e fezes nos sistemas de saneamento ecológico. Instituto Sueco de Controle de Doenças Infecciosas. Programa EcoSanRes, Instituto Ambiental de Estocolmo, Estocolmo, Suécia, 2004, p. 38.

Scudeler, F; Venegas, F; Cordeiro, R.N. Avaliação técnica e econômica de fontes de nitrogênio em plantio e cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Ensaios e Ciências* v.15, n.2, p. 67-75, 2011.

Smanhotto, A.; Sousa, AP; Sampaio, SC; Nóbrega, LHP; Antes, M. Cobre e zinco não material percolado e sem solo com uma aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.1, p.347-357, 2010.

Sousa, J.T.; Leite, V. D. Tratamento e utilização do esgoto doméstico na agricultura. Campina Grande: ADUEP, 2003. 103p.

Thibodeau, J. T.; Turer, A. T.; Gualano, S. K.; Ayers, C. R.; Velez-Martinez, M.; Mishkin, J. D.; Drazner, M. H. Characterization of a novel symptom of advanced heart failure: bendopnea. *Journal of the American College of Cardiology: Heart Failure*, v. 2, n. 1, p. 24-31, 2014.

Teixeira, S. T.; Alves, L. S.; Silva, A. L. F; Álvares, V. S.; Felisberto, F. Á. V. Reciclagem agrícola de manipueira e casca de mandioca. EMBRAPA - Comunicado Técnico 179, 6 p. Rio Branco, AC, 2011.

Teixeira, H. T.. "A Avaliação Ambiental Estratégica No Planejamento da Gestão de Recursos Hídricos: Uma Necessidade para o Equilíbrio do Meio Ambiente. Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo, v. 2, n. 1, p. 190-209, 2016.

Trani, P. E. Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido. Campinas: Instituto Agronômico, 2012. 34 p.

Unesco. 2017. O Relatório Mundial de Desenvolvimento das Águas das Nações Unidas 2017 - Wastewater: The Untapped Resource. Perugia: Programa Mundial de Avaliação das Águas das Nações Unidas, 2017.

Vasconcellos, C. A.; Barbosa, J. V. A.; Santos, H. L. dos; França, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887- 901, 1983.

Von Pinho, R.G.; Borges, I.D.; Pereira, J.L.A.R.; Reis, M.C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Minas Gerais, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

Werner, C.; Panesar, A.; Rüd, S.B.; Olt, C.U. Ecological sanitation: Principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. Desalination, v. 248, p. 392-401, 2009.

Werner, A. D. A review of seawater intrusion and its management in Australia. Hydrogeology Journal , v. 18, n. 1, p. 281-285, 2010.

Winker, M.; Tettenborn, F.; Faika, D.; Gulyas, H; Otterpohl, R. Comparison of Analytical and Theoretical Pharmaceutical Concentrations in Human Urine in Germany. Water Research, v.42, p.3633-3640, 2008.

Winpenney, J.; Heinz, I.; Koo-Oshima, S.; Salgot, M. The wealth of waste: the economics of wastewater use in agriculture. FAO Water Reports. Roma. 2010.

Wosiacki, G.; Cereda, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca., Universidade Estadual de Ponta Grossa Paraná, Publicatio, v.8, n.1,p.27-43, 2002.

Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/762/674>>.
Acesso em: 29 de dezembro de 2017.

World Health Organization (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 4, Wastewater Use in Agriculture, p.196.

Yang, L.; Giannis, A.; Chang, V. W. C.; Liu, B.; Zhang, J.; Wang, J. Y. Application of hydroponic systems for the treatment of source-separated human urine. *Ecological engineering*, v. 81, p. 182-191, 2015.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DO MILHO HÍBRIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM ÁGUA AMARELA, MANIPUEIRA E NPK

CAPÍTULO 2

Crescimento do milho híbrido em função da adubação com água amarela, manipueira e NPK

RESUMO

O reúso de água na agricultura é praticado em diversos países do mundo, com a finalidade de economizar água de boa qualidade para o consumo humano. Assim, objetiva-se com este trabalho avaliar o crescimento do milho híbrido AG 1051, cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigado com a combinação de urina humana, manipueira tratadas e NPK em ambiente protegido. O experimento foi conduzido na Universidade federal de Campina Grande, campus I, município de Campina Grande – PB. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 14 tratamentos e quatro repetições, adubado via fundação (experimento I) e fertirrigação (experimento II) de solução (urina humana+manipueira tratadas). Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratadas. As variáveis avaliadas foram o Índice de velocidade de emergência (IVE), Porcentagem de emergência (%E), taxa de crescimento absoluta e relativa da altura de planta, diâmetro do coleto e número de folhas, e área foliar. Foi realizado contraste de média para as variáveis IVE, %E, e área foliar aos 15 e 95 DAE (dias após a emergência). Por meio do contraste \hat{y}_5 (T6 vs T8) observa-se um aumento percentual de 20,36 %. Houve um aumento médio de 17,32 % no índice de velocidade de emergência (IVE) para as sementes que foram cultivadas em solo fertilizado com T3 e T4 em relação ao fertilizado com NPK (T1), o solo adubado com T3 foi o que apresentou a maior porcentagem de emergência (%E) com 98,81%. Aos 15 DAE a adubação química via fundação promoveu maior ganho de área foliar quando comparado aos 95 DAE. A adubação orgânica via fertirrigação foi a que promoveu os maiores ganhos para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta (TCA_{AP} e TCR_{AP}), diâmetro do colmo (TCA_{DC} e TCR_{DC}) e número de folhas (TCA_{NF} e TCR_{NF}).

Palavras-chave: *Zea Mays L.*, água residuária, reúso agrícola, água amarela.

CHAPTER 2

Growing of hybrid maize fertilized with yellow water, cassava wastewater and NPK

ABSTRACT

Reclaimed water has been used in agriculture of several countries around the world, in an attempt to save high-quality water for human use. Thus, this research aims to evaluate the growth of the hybrid maize (AG 1051), which was cultivated in soil fertilized through basal dressing and fertigation using the combination of treated human urine, cassava wastewater, and NPK in a safe environment. This experiment was conducted in campus I, at the University of Campina Grande, city of Campina Grande state of Paraiba, Brazil. This is a completely randomized design with 14 treatments and 4 replications, one fertilized through basal dressing (experiment I) and the other one through fertigation (experiment II) with the solution of treated human urine and cassava wastewater. The treatments consisted of : T1 (NPK - control), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL), all applied through basal dressing, and T8 (F - NPK - control), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) applied through top dressing, with an interval of five days, totalizing eight applications. The solution consisted of 51.3 % of cassava wastewater and 48.7 % of human urine. The variables evaluated were the speed of emergence-index, percentage of emergency (%E), absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) in plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves (NL) and leaf area (LA). The average contrast was used for the variables speed of emergence-index, (%E) and leaf area at 15 and 95 DAE (days after emergency). It was observed that the contrast \hat{y}_5 (T6 vs T8) led to a percentage increase of 20.36 %. There was a 17.32 % mean increase of speed of emergence-index concerning the seeds that were cultivated in fertilized soil with T3 and T4, differently from the ones in which NPK was the fertilizer (T1), the soil fertilized with T3 was the one which showed the highest percentage of emergency (%E) with 98.81%. At 15 days after emergence (DAE), chemical fertilization fostered through basal dressing promoted greater leaf area growth when compared to 65 DAE. The organic fertilization applied through fertigation was the one which promoted the greatest increase for the absolute

growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR) in plant height (PH), stem diameter (SD) and number of leaves (NL).

Keywords: *Zea Mays L.*; wastewater; reclaimed water; yellow water.

2.1 INTRODUÇÃO

A demanda alimentícia crescente da população global que está em estimada em 7 bilhões de pessoas, necessita ser suprida, e para tal existe urgência em elevar a produtividade dos sistemas de produção agrícola o que pode ser alcançado com a utilização dos avanços tecnológicos no setor.

Nas últimas décadas houve um aumento no consumo de insumos agrícolas, e intrínseco a isso, a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos oriundos dessas atividades agroindustriais desde a fabricação de adubos químicos até o manejo da irrigação, potencializando diversos impactos ambientais, sociais e econômicos gerados. Desta forma, cada vez mais tem sido estimulado estudos que busquem além do tratamento, o aproveitamento desses resíduos, principalmente os líquidos gerados pelas atividades agroindustriais (Marques et al., 2017; Kraemer, 2014).

De acordo com Christofidis (2002), cerca de 70% da água utilizada no destinado à agricultura irrigada, o que é muito superior às demandas do setor industrial (21%) e do setor urbano (9%). O desenvolvimento da agricultura e o uso de novas tecnologias para o aumento da produtividade são extremamente dependentes da disponibilidade dos recursos hídricos (Meng et al., 2016). O interesse pelo uso de esgotos sanitários e águas residuais de agroindústria em substituição, embora que de forma complementar, às fontes normalmente usadas para irrigação, tem aumentado.

No mundo todo, existe necessidade de estudos e descobertas de tecnologias sustentáveis com enfoque na bioenergia, por meio da qual vêm sendo foco de vários estudos acerca de sua aplicabilidade. Dentre essas tecnologias sustentáveis, está o reúso agrícola da manipueira e urina humana ou águas amarelas. A agregação de valor aos resíduos agroindústrias e sanitários podem contribuir para um desenvolvimento social e econômico sustentável. Assim, o reúso de águas amarelas e manipueira na agricultura deve ser visto como uma alternativa viável para reciclagem desses resíduos como fonte de nutrientes para as plantas, mitigando assim os impactos ambientais gerados pela disposição inadequada desses efluentes no meio ambiente (Dantas et al., 2015).

A urina humana é um resíduo líquido eliminado pelo corpo humano, secretado pelos rins por um processo de filtração do sangue chamado de micção e excretado através da uretra (Karak & Bhattacharyya, 2011). Este biofertilizante é rico em nitrogênio contendo cerca de 90 % de nitrogênio, e destes em média 80 % está na forma

de ureia, o restante está na forma de nitrogênio orgânico e inorgânico (Fittschen & Hahn, 1998).

Uma preocupação acerca do uso de urina humana como biofertilizante reside nas questões de sanidade que ela possui pela possível presença de microorganismos patogênicos, como também a concentração de cloreto de sódio (NaCl). Logo, a urina após ser submetida ao processo de digestão anaeróbica, seu pH se eleva para alcalino, em torno de 9,0 assim microorganismos patogênicos não conseguem se desenvolver, e no que diz respeito ao cloreto de sódio, segundo Ganrot et al., (2007) a urina humana contém cerca de 150 mM de NaCl, correspondendo a uma concentração de 8,8 gramas por litro.

A adubação é um dos principais fatores que pode comprometer a produção do milho, podendo assim, também influenciar a qualidade dos grãos. É importante destacar que o macronutriente mais exigido e importante para esta cultura é o nitrogênio, seguido do potássio e fósforo, este apresenta maiores respostas em termos de produtividade (Ferreira, 2000; Duarte et al., 2003).

A manipueira é um resíduo líquido de aspecto leitoso e de odor forte, gerado no processo de beneficiamento da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) para produção da farinha ou fécula, com altas concentrações de nutrientes, principalmente o potássio, e que também possui açúcares, amidos, proteínas, linamarina, sais e outras substâncias (Duarte et al., 2012).

Dentre todos os resíduos e impactos ambientais gerados no beneficiamento da mandioca tais como: periderme, maniva, maçoba, fumaça, ruídos, graxas, calor, a manipueira é a que apresenta maior potencial poluidor, devido a sua alta carga orgânica e presença de elevadas concentrações dos glicosídeos, principalmente a linamarina (93%) e a lotaustralina (7%), que são glicosídeos cianogênicos de elevada toxicidade com elevada DBO.

A disposição inadequada de manipueira em corpos hídricos promove a eutrofização destes, morte de fauna aquática, intoxicação e até morte de animais que possam vir a consumi-la em altas quantidades. Estes glicosídeos combinam-se com a hemoglobina do sangue e atuam como inibidores da cadeia respiratória (Do Nascimento et al., 2013; Cereda, 2003).

Assim como forma de utilizar essas águas na agricultura, o cultivo do milho (*Zea Mays* L.) que apresenta um papel de grande importância socioeconômica por causa da sua grande aptidão agrícola e suas várias formas de beneficiamento, desde na indústria

de alta tecnologia seja para alimentação humana ou animal, difundindo assim sua aceitação e valor agregado no mercado, o Brasil vem ficando entre os três maiores produtores mundiais do grão, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (EMBRAPA MILHO e SORGO, 2012; Picarelli, 2012), além disso, este cereal apresenta potencialidade para cultivo com águas residuárias. Neste contexto objetiva-se com este trabalho avaliar o crescimento do milho híbrido em função da adubação com água amarela, manipueira e NPK.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram determinados para que fosse possível avaliar o efeito destes no crescimento do milho com o uso da adubação química com NPK, e orgânica com urina humana e manipueira tratadas como fontes de nutrientes, aplicados ao solo via adubação de fundação e via fertirrigação (F) em ambiente protegido. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias.

A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratadas. Foram realizadas oito fertirrigações em intervalos temporais de cinco dias entre cada uma. Os critérios de localização, caracterização da estufa, montagem das unidades experimentais, adubação, manejo de irrigação, tratamento dos efluentes, solo, e uso dos mesmos na adubação do milho híbrido AG 10 51 foi o mesmo já discriminado também no capítulo 1.

Aos 15 dias após a adubação de fundação do experimento 1, foi realizada a semeadura de sete sementes de milho por unidade experimental, com o propósito de deixar a solução estabilizar no solo, bem como a volatilização do ácido cianídrico ainda presente na manipueira. Diariamente foi realizada a quantificação do número de plântulas emergidas até o ponto que se tornasse constante. Assim, foi possível determinar a porcentagem de emergência (%E) e o Índice de Velocidade de Emergência (IVE), seguindo a metodologia proposta por Maguire (1962), e de acordo com equação 1 e 2:

$$\%E = \left(\frac{N}{A}\right) * 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo:

%E: porcentagem de emergência; N: número total de sementes emergidas; A: número total de sementes semeadas.

$$IVE = \left(\frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn} \right) \quad \text{Eq.2}$$

IVE: índice de velocidade de emergência; N - números de plântulas verificadas no dia da contagem, DQ - números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem. Foram consideradas plântulas emergidas aquelas que conseguiram romper a superfície do solo.

As análises dos efeitos dos tratamentos sob o crescimento do milho foram realizadas aos 15 dias após a emergência (15 DAE) e no final dos experimentos (95 DAE). As variáveis avaliadas foram taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta (TCA_{AP} e TCR_{AP}), diâmetro do colmo (TCA_{DC} e TCR_{DC}), número de folhas (TCA_{NF} e TCR_{NF}) e área foliar (AF).

A variável (AP) foi determinada com auxílio de um diastímetro, medindo desde o colo do solo até a extremidade da última folha, para (DC) foi utilizado paquímetro digital com precisão de 0,05 mm, tomando sempre como base a extremidade inferior do caule, junto ao colo do solo. A variável (NF) foi determinada através de contagem direta.

A área foliar (AF, cm^2 planta) foi estimada segundo método proposto por Francis et al. (1969), que relaciona a maior largura da folha (B) e a média do comprimento da folha (L) da planta de milho, conforme Equação 3:

$$AF = (0,75 * L * B) \quad \text{Eq. 3}$$

Sendo AF: área foliar da planta (cm^2 por planta), B: largura máxima de cada folíolo (cm) e L: comprimento da nervura principal (cm) e 0,75 uma constante de correção. Com base nos dados foram determinadas a taxa de crescimento absoluto e relativo para altura de planta e diâmetro do coleto (Equação 5 e 6) (Benincasa, 2003).

$$TCR = \left(\frac{\ln B2 - \ln B1}{t2 - t1} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

$$TCA = \left(\frac{B2 - B1}{t2 - t1} \right) \quad \text{Eq. 6}$$

Em que:

TCA = taxa de crescimento absoluto para altura de planta e diâmetro do colmo, respectivamente (cm dia^{-1} e mm dia^{-1});

TCR = taxa de crescimento relativo para altura de planta e diâmetro do colmo, respectivamente (cm dia^{-1} e mm dia^{-1});

A1 e A2 = áreas foliares de duas amostragens consecutivas (cm^2);

B1 = variável de crescimento no tempo t1 (cm, mm);

B2 = variável de crescimento no tempo t2 (cm, mm).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e nos casos em que foi observada significância realizou-se teste de comparação de médias Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do software estatístico SISVAR – ESAL (Ferreira, 2011). Os contrastes foram definidos da seguinte forma: \hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância, constatou-se que para as variáveis Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Porcentagem de Emergência (%E) variaram de maneira significativa entre 1 e 5 % de probabilidade pelo teste de comparação de médias, Tukey, entre os diferentes tipos de adubação do solo (Tabela 2.1). Tal efeito pode estar atrelado à forma de aplicação do fertilizante no solo, bem como a forma que os nutrientes estão disponíveis no solo.

Tabela 2.1 Resumo da análise de variância referente ao Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e à Porcentagem de Emergência (%E) das plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manureira tratadas).

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|-------------|------|--------------------|---------------------|
| Adubação | (13) | IVE | %E |
| \hat{y}_1 | 1 | 0,77* | 38,57 ^{ns} |
| \hat{y}_2 | 1 | 371,13** | 371,13** |
| \hat{y}_3 | 1 | 0,26 ^{ns} | 25,49 ^{ns} |
| \hat{y}_4 | 1 | 2,11* | 25,5 ^{ns} |
| \hat{y}_5 | 1 | 2,99** | 829,26** |
| \hat{y}_6 | 1 | 1,67* | 403,68** |
| Resíduo | 13 | 0,49 | 49,26 |
| CV % | | 5,58 | 8,02 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV-Coeficiente de variação; (*) Significativo a 0,05, (**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Através dos contrastes de médias para IVE e %E verifica-se ao comparar as plantas adubadas, para a primeira variável com NPK (T1) em função de T12 (F – 1070) ocorrência de efeito significativo, e através da estimativa da média (Tabela 2.1), com uma diferença média percentual de 19,06 %, já ao comparar as plantas adubadas com a adubação química via fertirrigação (T8) com adubação via fertirrigação com 1270 mL de solução de urina humana mais manipueira (T13) observa-se uma diferença média percentual de 2,71 %, assim a eficiência da adubação orgânica via fertirrigação promoveu incrementos para esta variável semelhante ao adubado com fertilizante mineral.

Quando se compara NPK versus todos os demais tratamentos (Tabela 2.1) verifica-se efeito significativo e através da estimativa da comparação de médias (Tabela 2.2) para quando as plantas foram adubadas com 1270 mL (T6) de solução em comparação as adubadas com NPK via fertirrigação (T8), resultando em uma redução de 1,22 plantas dia⁻¹ apresentando resultado inferior ao das plantas adubadas como quando a adubação foi realizada pela relação entre (T1) e (T12) com 0,39 plantas dia⁻¹.

Para a variável %E, para o contraste \hat{y}_1 a adubação mineral via fundação em relação aos demais tratamentos promoveu uma redução de 3,35 %, para o contraste \hat{y}_5 houve uma redução de 20,36 % quando se comparou (T6) com (T8), logo, quando realizou o contraste da adubação mineral com NPK via fundação com a fertirrigação com 1070 mL de solução houve um incremento de 3,57 % (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Estimativa de média referente ao Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e à Percentagem de Emergência (%E) das plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manipueira tratadas).

| FV Adubação | Quadrados Médios | |
|----------------|------------------|--------|
| | IVE | %E |
| \hat{y}_1 | -0,47 | -3,35 |
| \hat{y}_2 | -1,29 | -10,29 |
| \hat{y}_3 | -0,36 | -3,57 |
| \hat{y}_4 | -1,02 | 3,57 |
| \hat{y}_5 | -1,22 | -20,36 |
| \hat{y}_6 | -0,79 | -12,30 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação.

As diferentes doses de solução de urina humana+manipueira tratadas, aplicadas via fundação causaram diferenças estatísticas significativas para as variáveis, apontando-se que as diferentes doses de solução apresentam influência sob as variáveis de Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Porcentagem de Emergência (%E), Os tratamentos que promoveram o maior IVE foram T2 e T7, não existindo diferenças estatísticas significativas entre eles (Figura 2.1).

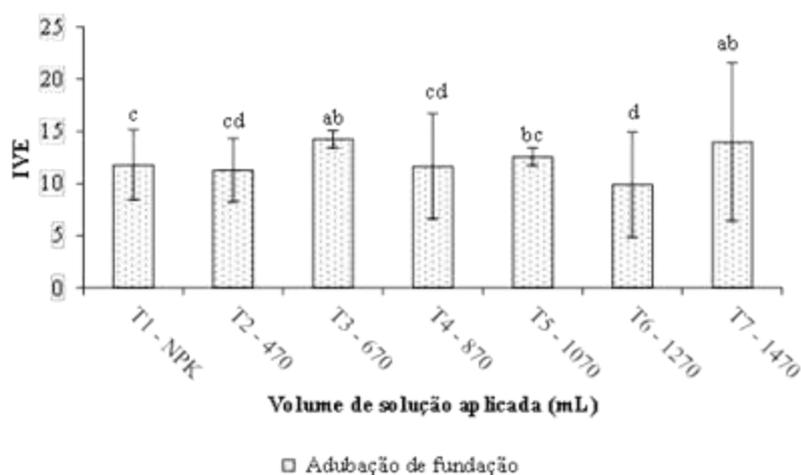


Figura 2.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE) em função de adubação mineral e doses crescentes de solução (urina humana + manipueira tratadas), as barras representam o erro padrão das médias (n=4).

O uso de NPK não favoreceu maiores valores para o IVE mesmo sendo aplicado no solo às concentrações de nutrientes recomendadas para o desenvolvimento da cultura em vaso, ocorreu um aumento médio de 17,32 % no índice de velocidade de emergência para as sementes que foram cultivadas no solo fertilizado com T3 e T4 em relação ao fertilizado com NPK (T1), a fertilização do solo com 1270 mL de solução foi a que gerou o menor IVE em relação aos demais tratamentos.

Houve diferenças estatísticas para variável porcentagem de emergência (%E) em função dos diferentes tipos de adubação de fundação (mineral e orgânica). Logo, a adubação com T3 foi a que apresentou a maior %E com 98,81% diferente de quando o solo foi fertilizado apenas com T1, onde apresentou um %E de 80,95 % com uma diferença percentual de 18,12 % entre estes (Figura 2.2).

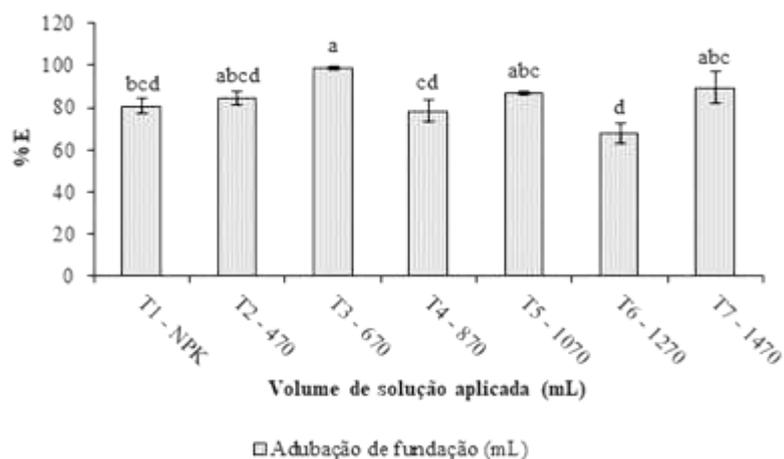


Figura 2.2 Porcentagem de Emergência (%E) em função de adubação mineral e doses crescentes de solução (urina humana + manipueira tratadas). As barras representam o erro padrão das médias (n=4).

A aplicação de doses crescentes de solução de urina humana mais manipueira tratadas, promoveram efeitos significativos para as variáveis IVE e %E, por meio do qual, T3 foi o tratamento que promoveu os maiores índices de velocidade de emergência e porcentagem de emergência.

Barreto et al., (2014), em estudo avaliando o desenvolvimento vegetativo de milho submetido a doses crescentes de manipueira constataram que, o aumento das doses de manipueira ocasionou um decréscimo linear significativo na altura das plantas de milho. Logo, para presente situação que pode ter gerado esse efeito pode ter sido o tempo de armazenamento da manipueira, favorecendo assim um período maior de digestão aeróbica, bem como a volatilização do ácido cianídrico nela contido, como também a mistura com a urina humana tratada, que com pH alcalino acentuou o pH da solução na faixa de 7,15, ou seja bem próximo da neutralidade. Com relação à área foliar no estágio V4, aos 15 DAE (com quatro folhas totalmente expandidas), momento em que foi iniciada as fertirrigações e aos 95 no estágio R3 (formação de grão leitoso) nos experimentos.

Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 2.3) que a área foliar do milho aos 15 e 95 DAE quando adubado com NPK e diferentes dosagens adubação orgânica (urina humana+manipueira tratadas) variaram de maneira significativa, no entanto, para os 15 DAE todos os contrastes de médias foram significativos a 1 % de probabilidade.

Tabela 2.3. Resumo da análise de variância referente à Área Foliar aos 15 e 95 dias após a emergência (AF15 DAE e 95 DAE) plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manipueira tratadas).

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|-------------|------|------------------------|------------------------|
| | | AF 15 DAE | AF 95 DAE |
| Adubação | (13) | | |
| \hat{y}_1 | 1 | 8174,28 ^{**} | 852,03 ^{ns} |
| \hat{y}_2 | 1 | 7177,10 ^{**} | 5271,95 [*] |
| \hat{y}_3 | 1 | 901,85 ^{**} | 53637,95 ^{**} |
| \hat{y}_4 | 1 | 31636,18 ^{**} | 84078,70 ^{**} |
| \hat{y}_5 | 1 | 26065,01 ^{**} | 22,11 ^{ns} |
| \hat{y}_6 | 1 | 24668,25 ^{**} | 4000,55 ^{ns} |
| Resíduo | 13 | 38,11 | 1556,77 |
| CV % | | 4,28 | 7,98 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV-Coeficiente de variação; (*) Significativo a 0,05, (**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Em estudo realizado com adubo orgânico, Gutiérrez-Miceli et al. 2008 observaram um aumento no número de folhas de planta de milho (*Zea mays*) e Pant et al. 2009 identificaram aumento no número de folhas, como também na área foliar de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Por meio dos contrastes de médias obtidos para AF aos 15 e 95 DAE, percebe-se efeito significativo para a adubação mineral e orgânica, bem como para forma de aplicação dos fertilizantes no solo (Tabela 2.4). Para AF aos 15 DAE, por meio do contraste \hat{y}_4 houve um ganho de 125,77 % quando o solo foi fertilizado via fertirrigação com adubação mineral (T8) em relação à quando foi aplicado 1270 mL de solução orgânica, assim como para os 95 DAE que apresentou um ganho de 205,03 %.

Logo, quando se compara T6 versus T8 observa-se que há efeito significativo, por meio do qual, aos 15 DAE houve uma redução de 114,16 %, já aos 95 DAE ocorreu uma redução de 3,32 % (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Estimativa de média referente à Área Foliar aos 15 dias e 95 DAE após a emergência (AF 15 DAE e AF 95 DAE) plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manipueira tratadas).

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|-------------|------|------------------|-----------|
| | | AF 15 DAE | AF 95 DAE |
| Adubação | (13) | | |
| \hat{y}_1 | 1 | -48,82 | 15,76 |
| \hat{y}_2 | 1 | -45,28 | 38,81 |
| \hat{y}_3 | 1 | 22,04 | 163,76 |
| \hat{y}_4 | 1 | 125,77 | 205,03 |
| \hat{y}_5 | 1 | -114,16 | -3,32 |
| \hat{y}_6 | 1 | -96,18 | 38,73 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação.

Aos 15 DAE, o tratamento que mais favoreceu a área foliar foi a fertirrigação com NPK (T8), logo em contraste T1(NPK) aplicado com adubação de fundação foi o que promoveu o menor ganho de área foliar dentre todos os demais tratamentos, com uma diferença percentual de 59,36 % em relação a T8. Não foram observadas diferenças estatísticas entre T5, T9 e T11 apresentando uma área foliar média de 125,74 cm² planta⁻¹ (Figura 2.3 A).

O incremento na área foliar do milho quando fertirrigado pode estar associado com NPK foi à forma em que o mesmo foi aplicado ao solo para absorção e consequente assimilação dos nutrientes de maneira diluída, e quando, por ventura houvesse drenagem, esse volume drenado foi repostado ao solo, promovendo assim a recirculação de nutrientes, facilitando o uso destes pelas plantas, uma vez que receberam oito frações de solução nutritiva de NPK diluída (Figura 2.3 A). Para Basi et al. (2011), o nitrogênio é um dos principais macronutrientes essenciais determinantes para o crescimento das plantas já que pode influenciar nos processos fisiológicos essenciais para manutenção da vida vegetal.

Aos 95 DAE também houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos para AF nos experimentos, no entanto, diferentemente da AF aos 15 DAE, para esta variável as diferenças não foram muito discrepantes entre si. Os tratamentos que promoveram os maiores incrementos de área foliar foram T3, T6 e T8 (Figura 2.3 B). Com relação a T8 o mesmo efeito foi observado para esta variável aos 15 DAE, indicando que a fertirrigação com NPK promoveu os maiores incrementos de AF tanto as 15 quanto aos 65 DAE. A adubação com T2 e T13 foram as que proporcionaram efeito negativo para área com foliar com 375,0 e 356,66 cm² por planta respectivamente, com uma diferença percentual média de 34,88% em relação a T3, T6 e T8.

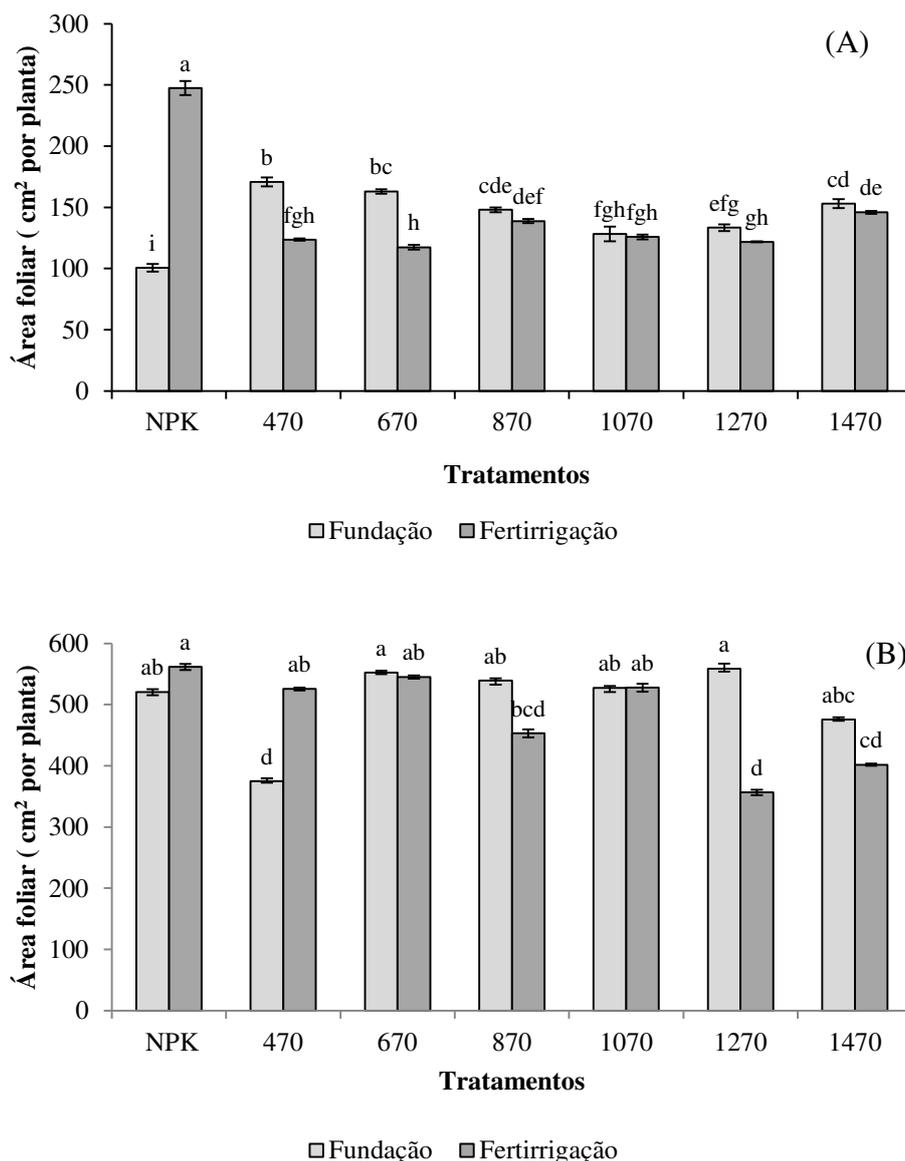


Figura 2.3 Área foliar (cm^2 por planta) (A) os 15 DAE e (B) aos 95 DAE do milho cultivado em ambiente protegido e em solo fertilizado adubação orgânica e mineral via adubação de fundação e fertirrigação. Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade. As barras representam o erro padrão das médias ($n=4$).

No que diz respeito à forma de aplicação dos nutrientes no solo, houveram diferenças significativas entre os tratamentos, por meio do qual a adubação de fundação foi a que apresentou os maiores ganhos de área foliar em relação à adubação via fertirrigação aos 15 DAE e 95 DAE, com exceção da fertirrigação com NPK (T8).

Com relação ao pH e Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ao final do ciclo do milho, não se observa diferenças estatísticas entre os tratamentos, com exceção apenas de T4 (870 mL), que apresentou um pH de 4,46, e T13 (F 1270 mL) que apresentou uma CEes de 371,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dessa forma, para o restante dos tratamentos o pH apresentou o valor médio de 6,49 (Figura 2.4). Segundo Malavolta (1979), é a faixa de pH que favorece uma maior disponibilidade de nutrientes para suprir as demandas nutricionais da planta.

No que diz respeito à CEes do solo, essa apresenta a concentração de sais solúveis na solução do solo, e quanto maior a CEes do solo, maior a capacidade de perda de água do interior da planta para o mesmo, pelo efeito da plasmólise (Martins et al., 2017). Para área foliar aos 95 DAE não houve diferenças estatísticas significativas em relação à CEes do solo, mesmo T2 apresentando uma CEes de 130,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e T13 de 371,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 2.4 A), acerca do pH este se manteve entre a faixa de melhor absorção de nutrientes pela planta, entre 5,5 e 6,5, com exceção de T8, T13 e T14.

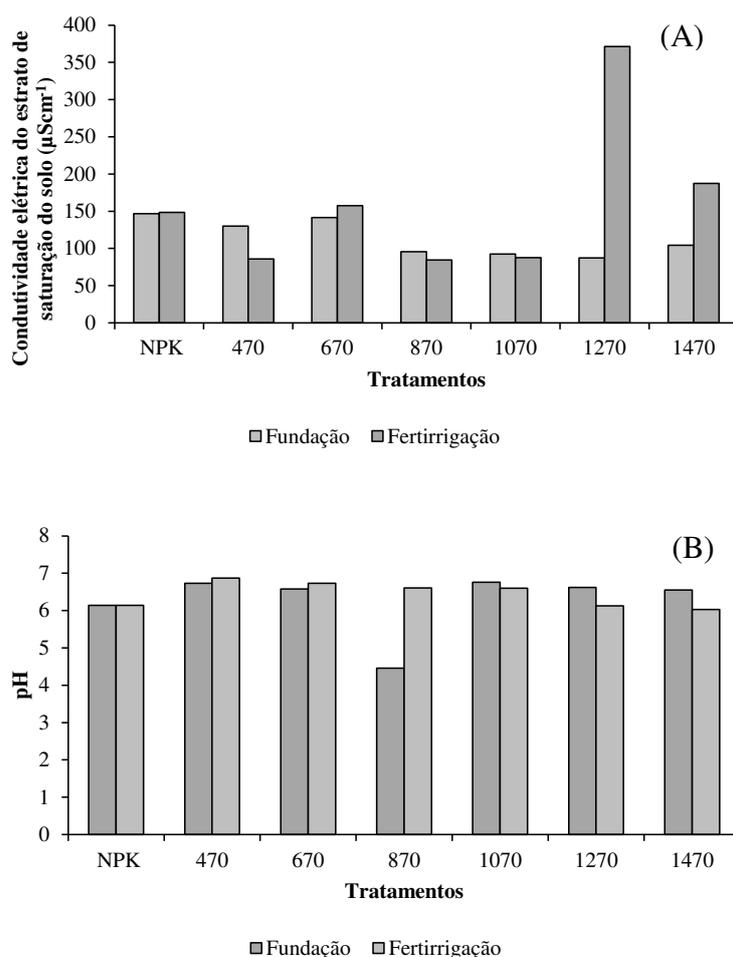


Figura 2.4 Condutividade elétrica do extrato de saturação (A) e pH (B) do solo ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

Acerca do resumo da análise de variância todas as taxas de crescimento relativo e absoluto no período de 15 – 95 DAE foram significativos a nível de 5% de probabilidade pelo teste de comparação de médias Tukey, com exceção da TCR_{NF} . A TCA_{DC} foi a variável que apresentou o maior coeficiente de variação, evidenciando assim a dispersão dos dados, que provavelmente pode ter sido um equívoco no momento das avaliações (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta, diâmetro do coleto e número de folhas do milho fertilizado com urina humana e manureira tratadas.

| FV | TCA_{AP} (cmdia ⁻¹) | TCA_{DC} (mmdia ⁻¹) | TCA_{NF} | TCR_{AP} (cm dia ⁻¹) | TCR_{DC} (mmdia ⁻¹) | TCR_{NF} |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| T1 – NPK | 3,26 bcde | 0,17 ab | 0,110 ab | 0,032 b | 0,719 ab | 0,715 ab |
| T2 – 470 MI | 2,94 cde | 0,045 ef | 0,040 b | 0,037 ab | 0,707 e | 0,710 b |
| T3 – 670 MI | 3,36 bcd | 0,037 ef | 0,102 ab | 0,037 ab | 0,708 de | 0,712 b |
| T4 – 870 mL | 2,81 de | 0,107 bcde | 0,102 ab | 0,032 b | 0,712 cde | 0,714 ab |
| T5 – 1070 MI | 3,18 bcde | 0,021 f | 0,122 ab | 0,040 ab | 0,707 e | 0,714 ab |
| T6 – 1270 mL | 3,32 bcd | 0,167 abc | 0,085 ab | 0,040 ab | 0,714 bcd | 0,714 ab |
| T7 – 1470 mL | 2,67 e | 0,060 ef | 0,137 a | 0,033 b | 0,710 cde | 0,715 ab |
| T8 – F NPK | 3,08 bcde | 0,080 def | 0,115 ab | 0,033 b | 0,710 cde | 0,714 ab |
| T9 – F 470 mL | 2,92 cde | 0,158 abcd | 0,100 ab | 0,040 ab | 0,715 abc | 0,715 ab |
| T10 – F 670 mL | 3,59 ab | 0,208 a | 0,155 a | 0,045 a | 0,721 a | 0,717 ab |
| T11 – F 870 mL | 3,12 bcde | 0,180 ab | 0,122 ab | 0,040 ab | 0,721 a | 0,715 ab |
| T12 – F 1070 mL | 4,04 a | 0,111 bcde | 0,160 a | 0,047 a | 0,714 bcd | 0,717 ab |
| T13 – F 1270 mL | 3,46 abc | 0,099 bcdef | 0,147 a | 0,042 ab | 0,714 bcd | 0,715 ab |
| T14 – F 1470 mL | 2,92 cde | 0,090 cdef | 0,170 a | 0,040 ab | 0,712 cde | 0,721 a |
| Resíduo | 0,057548 | 0,001172 | 0,000563 | 0,000017 | 0,000007 | 0,000011 |
| CV % | 7,51 | 31,01 | 3,02 | 10,58 | 0,36 | 0,46 |
| DMS | 0,603 | 0,086 | 0,059 | 0,010 | 0,006 | 0,008 |

*Significativo a 5%; CV%: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$) As variáveis TCA_{NF} , TCR_{DC} e TCR_{NF} foram transformados com uso da equação $(X+0,5)^{0,5}$.

Notou-se variação entre os efeitos dos tratamentos para TCA_{AP} , TCA_{DC} e TCR_{DC} . Para taxa de crescimento absoluto da altura de planta, o tratamento que promoveu maiores incrementos foi quando o solo foi fertirrigado com 1070 mL de solução (T12), seguido de T10 que apresentou efeito positivo de 3,59 cm dia⁻¹, já o tratamento que promoveu menor rendimento foi T7 (adubação de fundação com a dosagem máxima de solução com 1470 mL), apresentando assim uma diferença percentual de 33,91 % em relação a T12 (Tabela 2.5).

Para TCA_{DC} da mesma forma que para TCA_{AP} houveram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, no entanto, para T2, T3 e T7 não ocorreram diferenças, mesmo em doses crescentes de solução, apresentando TCA_{DC} média de

0,047 mm dia⁻¹, o tratamento que promoveu o maior incremento para esta variável foi T10, a fertirrigação com 670 mL de solução, desde a fase fenológica V4, logo foi T5 que causou redução para esta variável no valor de 0,021 mmdia⁻¹, com uma redução percentual de 89,90 % em relação a T10 (Tabela 2.5).

Para TCR_{DC} os tratamentos aplicados via fertirrigação favoreceram ganho para esta variável, principalmente quando o milho foi cultivado em solo fertilizado com T10 e T11, já os tratamentos que apresentaram redução no incremento dessa variável foram T5 e T2 (Tabela 2.1). Os maiores incrementos para esta variável possivelmente estão relacionados a aplicação parcelada dos nutrientes de forma a atender a marcha de absorção e evitando perdas por volatilização e lixiviação, diferentemente da adubação de fundação em que os nutrientes foram aplicados ao solo seguindo recomendação de Novais et al., (1991).

Com relação à TCA_{NF}, TCR_{AP} e TCR_{NF}, os tratamentos via fertirrigações foram os que promoveram os maiores ganhos para estas variáveis, por meio do qual, a adubação química via NPK por meio de adubação de fundação ou aplicado via fertirrigação não promoveram ganhos significativos em relação à adubação orgânica com urina humana e manipueira tratadas (Tabela 2.1). Para TCA_{NF} os maiores ganhos foram promovidos pela adubação com T10, T12, T13 e T14 (adubação via fertirrigação) e T7 (adubação via fundação), apresentando assim uma diferença percentual média de 59,85 % em relação a T2 que promoveu um ganho de 0,040 (Tabela 2.5).

A TCR_{AP} assim como para TCA_{NF} os maiores incrementos foram alcançados quando o milho foi cultivado em solo fertilizado com T10 (F 670) e T12 (F1070) com os valores de 0,045 e 0,047 cm planta⁻¹ respectivamente, através do qual houve uma diferença percentual de 31,91 % de T12 em relação a T1 (adubação de fundação com NPK). A TCR_{NF} também promoveu diferenças estatísticas significativas, no entanto com pouca variabilidade estatística entre os tratamentos, para esta variável.

O tratamento com adubação via fertirrigação com 1470 mL de solução foi o que apresentou o maior incremento para taxa de crescimento relativo do número de folhas, logo, para maioria dos demais tratamentos não houveram diferenças estatísticas significativas, apresentando assim uma taxa média de 0,714 apresentando um coeficiente de variação de 0,46 %. Trabalhando com incorporação de manipueira tratada no solo Ribas et al. (2010) afirmam que as características agrônômicas do milho avaliadas (altura de planta, diâmetro do caule e massa fresca) não foram afetadas negativamente pelo uso do resíduo.

Em estudo realizado por Akpan-Idiok et al, (2012) o uso de urina humana tratada, promove aumento no crescimento e produção de biomassa e outras culturas e em comparação a plantas cultivadas sob nenhum tipo de adubação ou até com adubação química, corroborando com o presente estudo, principalmente pela urina ser fonte gratuita de nitrogênio.

Para todas as taxas de crescimento absoluto ou relativo das variáveis avaliadas, a adubação orgânica via fertirrigação foi a que promoveu os maiores incrementos de crescimento. O que pode ter proporcionado este efeito foi o fato de as aplicações de nutrientes serem realizadas de maneira fracionada e contínua ao longo do desenvolvimento da cultura dos estádios vegetativos V4 ao Vn, diferentemente da adubação de fundação que recebeu todos os nutrientes de uma só vez no solo, seguindo recomendação de Novais et al, 1991.

2.4 CONCLUSÃO

1. O Índice de Velocidade de Emergência (IVE) variou em função da aplicação de urina humana mais manipueira tratadas.
2. A adubação orgânica aplicada via fertirrigação proporcionou incrementos nas taxas de crescimento absoluto e relativo para altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas.
3. O uso de urina humana e manipueira tratadas como solução nutritiva ou biofertilizante no cultivo no milho híbrido AG 10 51, proporciona maior crescimento quando o mesmo foi cultivado em solo fertilizado via fertirrigação;
4. A urina humana e manipueira tratadas podem ser utilizadas no cultivo do milho híbrido AG 10 51, com aplicação via fertirrigação.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akpan-Idioka, A. U.; Udob, I.A.; Braide, E. I. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, v.62, n.1, p.14– 20, 2012.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington DC: APHA, 2005.

Barreto, M.T.L.; Magalhães, A.G.; Rolim, M.M.; Pedrosa, E.M.R.; Duarte, A.S.;Tavares, U.E. Desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho biofertilizadas com manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.5, p.487-494 2014.

Benincasa, M.M.P. (2003) *Análise de crescimento de plantas, noções básicas*, 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 41p.

Bernardo, S.; Mantovani, E, C.; Soares, A. A. *Manual de Irrigação*, Viçosa, UFV, 2008, 611p.

Basi, S.; Neumann, M.; Marafon, F.; Ueno, R. K.; Sandini, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.219-234, 2011.

Cereda, M.P. 2003, *Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação*, p, 47-81, In: CEREDA, M. P. & VILPOUX, O.F. *Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosos amilácias*, São Paulo: Fundação Cargill, 3(3). (Serie culturas de tuberosas amilácias Latino Americanas).

Christofidis, D. Irrigação, uma fronteira hídrica na produção de alimentos, *Irrigação & Tecnologia Moderna*, v. 54, n.2, p. 46-55, 2002.

Dantas, M. S. M.; Rolim, M. M.; Duarte, A. S.; Pedrosa, E. M. R.; Tabosa, J. N.; Dantas, D. C. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p.350-357, 2015.

Duarte, A. S.; Silva, E. F. F.; Rolim, M. M.; Ferreira, R. F. A. L.; Malheiros, S. M. M.; Albuquerque, F. S. Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.16, n.3, p.262-267, 2012.

Duarte, A. P.; Kiehl, J. C.; Camargo, M. A. F.; Reco, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2003.

EMBRAPA MILHO E SORGO, Introdução e importância econômica do milho. 2012. Disponível em: < [http://www.sistemasdeproducao,cnptia,embrapa,br](http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br) >. Acesso em 07 de outubro de 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ª ed, Brasília – DF: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro – RJ: Embrapa Solos, 2006, 412 p.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system, *Ciência e Agrotecnologia*. v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Ferreira, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia, 3, ed. Maceió: UFAL, 2000, 604 p.

Fittschen, I.; Hahn, H, H, Characterization of the Municipal Wastewater Parameters Human Urine and Preliminary Comparison with Liquid Cattle Excretion, *Water science technology*, v.38, n. 6, p. 9-16, 1998.

Ganrot, Z.; Dave, G.; Nilsson, E. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresour Technol*, v.98, n.31, p.12- 21, 2007.

Gutiérrez-Miceli, F.A.; Moguel-Zamudio, B.; Abud-Archila, M.; Gutiérrez-Oliva, V.F.; Dendooven, L. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresour, Technol* v.99, p.7020–7026.

Francis, C.A.; Rutger, J.N.; Palmer, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays L.*). *Crop Science*, v.9, n.5, p.537-539, 1969.

Karak, T.; Bhattacharyya, P. Human Urine as a Source of Alternative Natural Fertilizer in Agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resources. Conservation and Recycling*, v. 55, n.4, p. 400 – 408, 2011.

Kraemer, M. E. P. A questão ambiental e os resíduos industriais. Disponível em: http://www.amd.org.br/imgs/up/Artigo_25.pdf. Acesso em: 14 de setembro de 2017.

Malavolta, E. - ABC da Adubação, Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), 1979, 256 p.

Marques, D. M. S.; Monteiro, R. M. A. R. I. O.; Pedrosa, R.; Maria, E.; Silva, M. M. C.; Dantas, D. A. N. I. E. L. Growth and seed yield of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. *Revista Caatinga*, v. 30, n. 4, p.963-970, 2017.

Martins, F.; Mamede, M. E. D. O.; Silva, A. F. D.; Guerreiro, J.; Lima, S. T. D. C. Cell ultrastructure and protein expression of *hanseniaspora* yeasts under the effect of ethanol stress. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.20, 2017.

Meng, Q.; Chen, X.; Lobell, D.B.; Cui, Z.; Zhang, Y.; Yang, H. Growing sensitivity of maize to water scarcity under climate change. *Scientific Reports*, v.6, p. 19605, 2016.

Nascimento, E.M.G.C. Benefícios e perigos do aproveitamento da casca de maracujá (*Passiflora edulis*) como ingrediente na produção de alimentos, *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 72, n.3, p. 1-11, 2013.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*, Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253, 1991.

Pant, A.P.; Radovich, T.J.K.; Matiz, N.V.; Talcott, S.T.; Krenek, K.A. Vermicompostos influenciam o crescimento, nutrientes minerais, fitonutrientes e atividade antioxidante em pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, grupo chinensis) cultivada sob vermicomposto e fertilizante químico. *Journal Science Food Agricultural*, v.89, n.14, p. 2383–239, 2009.

Picarelli, G. A. Logistics characterization of the corn of main producing regions of Rio Grande do Sul State, 2012. Universidade de São Paulo "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. Disponível em: <http://esalqlog.esalq.usp.br/wp-content/uploads/2015/05/Caracterizacao-da-logistica-do-milho-das-principais-regioes-produtoras-do-Estado-do-Rio-Grande-do-Sul-PICARELLI-G.-A.pdf> >. Acesso em: 23 de setembro de 2017.

Ribas, M. M. F.; Cereda, M. P.; Villas Boas, R. L. Use of cassava wastewater treated anaerobically with alkaline agents as fertilizer for maize (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.53, p.55-62, 2010.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DO MILHO HÍBRIDO CULTIVADO COM NPK, ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA

CAPÍTULO 3

Produção do milho híbrido cultivado com NPK, água amarela e manipueira

RESUMO

A crise hídrica que assola o mundo tem contribuído para o surgimento de novas tecnologias de reúso de água servida na agricultura atrelado ao uso eficiente da água visando seu uso racional. Nesse contexto, objetiva-se com o presente trabalho avaliar a produção de milho cultivado sob fertilização química e orgânica (solução de urina humana e manipueira tratadas) em ambiente protegido. O estudo foi realizado no campus I da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG- PB, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial simples composto por 14 tratamentos e 4 repetições totalizando 56 unidades experimentais: experimento 1 com fertilização do solo com solução de urina humana mais manipueira e mineral (NPK) de fundação e experimento 2, adubação via fertirrigação. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratadas. A adubação com T8 promoveu os maiores incrementos para todas as variáveis de produção, exceto para fitomassa fresca da espiga comercial com palha (FFECCP) e peso médio de 100 grãos secos. A aplicação de T11 promoveu um incremento de 177,82 % para FFECCP. A adubação orgânica com urina e manipueira aplicados ao solo via fertirrigação no cultivo do milho híbrido AG 1051 influenciou positivamente a sua produção, podendo substituir a adubação mineral, desde que em doses recomendadas, no caso T11 ou T12.

Palavras-chave: *Zea Mays L*, urina humana, reúso agrícola, águas servidas, produtividade.

CHAPTER 3

Production of hybrid maize cultivated with NPK, yellow water and cassava wastewater

ABSTRACT

Water crisis in the world has contributed to the appearance of new technologies using wastewater in agriculture in an efficient and rational way. In this context, the present research aims to evaluate the production of maize crops using chemical and organic fertilization (solution of treated human urine and cassava wastewater), in a protected environment. This research was conducted in campus I, at the Federal University of Campina Grande, city of Campina Grande, state of Paraíba, Brazil. This is a completely randomized design in a simple factorial design with fourteen treatments and four replications totaling fifty-six experimental units. In experiment I, the soil was fertilized with the solution of treated human urine, cassava wastewater and mineral (NPK): T1 (NPK - control), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL), all applied through basal dressing, and T8 (F – T1 - control), T9 (F – T2), T10 (F – T3), T11 (F – T4), T12 (F – T5), T13 (F – T6) e T14 (F – T7) applied through top dressing, with an interval of five days, totalizing eight applications. The solution consisted of 51.3 % of cassava wastewater and 48.7 % of human urine. The fertilization with T8 was the one which promoted the greatest increase for all variables of production, except for the fresh phytomass of the commercial maize ears with husk having an average weight of 100 dry grains. The application of T11 promoted an increase of 177.82 % for this fresh phytomass. Organic fertilization with human urine and cassava wastewater applied through fertigation in the soil of the production of the hybrid maize (AG 1051) influenced the cropping in a positive way, being able to replace the mineral fertilization since it uses recommended dosage as in T11 and T12.

Keywords: *Zea Mays L.*; Human urine; Reclaimed water; Wastewater; Productiveness.

3.1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos *in natura* ou beneficiados, amplamente utilizados para consumo humano e animal (Ferreira et al., 2014). A cultura mesmo sendo uma das mais antigas amplamente disseminadas no mundo, no Brasil apesar dos avanços tecnológicos disponíveis para seu cultivo, a produtividade média nacional ainda é considerada muito baixa, aproximadamente 35 milhões de toneladas, para a primeira e segunda colheita, em relação a outros países como Estados Unidos (241 milhões de toneladas) e China (114 milhões de toneladas) (Estados Unidos, 2003).

Estes dados demonstram a necessidade de buscar técnicas de gestão para aumentar a produtividade e garantir maiores lucratividades para o produtor (CONAB, 2015). No entanto, em decorrência da elevada exigência da cultura em fertilizantes nitrogenados, sua produção é onerosa aos produtores, fator este que contribui para as baixas produtividades brasileiras.

Nessa perspectiva, o uso de águas de qualidade inferior em cultivos agrícolas vem se tornando uma alternativa sustentável e economicamente viável, uma vez que estas são ricas em nutrientes essenciais ao crescimento das plantas em especial o nitrogênio, contudo, são lançadas no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento prévio causando assim impactos negativos ao meio ambiente.

Diante do cenário atual, da crise hídrica, o reúso agrícola de águas residuárias vêm sendo tratado por outra ótica, no que diz respeito ao seu uso eficiente, na busca de fechar o ciclo de geração de resíduos por meio da reciclagem, considerando os fatores ambientais, sociais, econômicos e políticos numa visão holística baseado no ecossaneamento.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas a fim de apresentar a potencialidade do uso de urina humana e manipueira tratada como fonte de adubação para o solo e, conseqüentemente, como suporte nutricional para as plantas (Ramos et al., 2017; Botto et al., 2017; Araújo et al., 2015).

A urina humana tratada embora ainda subutilizada e vista por muitos com repulsa, é um recurso valioso para a fertilização das plantas na agricultura desde a antiguidade, inclusive nos sistemas agrícolas intensivos em várias partes da Ásia (Goldstein, 2012). Uma das principais preocupações acerca do reúso agrícola de urina humana está no ponto de vista biológico, no que diz respeito à presença de microorganismos

patogênicos, no entanto, Richert et al., (2010) afirmam que a urina humana quando armazenada em recipientes fechados e mantida por pelo menos duas semanas nesse estado, propicia condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microorganismos patogênicos, devido à elevação de seu pH, que em média é 9,0.

Larsen et al. (2001) dizem que a urina humana é responsável por mais de 80% do nitrogênio encontrado no efluente doméstico, 50% da carga de fósforo, 90% da carga de potássio e ao mesmo tempo constitui menos de 1% do volume total desse efluente doméstico convencional, e essa elevada concentração de macronutrientes faz com que este efluente tenha grande potencialidade de ser utilizado na agricultura como fertilizante orgânico. As águas residuais de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), conhecida como manipueira, é um dos resíduos gerados no processamento desta cultura para a obtenção da farinha ou amido.

A reutilização deste resíduo como biofertilizante agrícola, de acordo com Silva et al. (2012), é viável devido ao alto teor de matéria orgânica e a presença de vários nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês; além de contribuir de forma eficiente para a redução de danos ao meio ambiente, uma vez que sua composição tem alta carga de concentração de glicosídeos cianogênicos como a linamarina e lotaustralina, que quando hidrolizados geram gases cianogênicos, que são potenciais poluentes ambientais, entretanto, quando utilizados na agricultura perdem seu poder de causar danos ao meio ambiente, devido sua utilização racional.

Nesse contexto, o objetivo que norteia o presente trabalho consiste em avaliar a produção do milho cultivado em solo fertilizado com adubo químico e orgânico (urina humana e manipueira tratadas) em ambiente protegido.

3.2 MATERIAS E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram determinados para avaliar o efeito destes no crescimento do milho com o uso da adubação química com NPK, e orgânica com urina humana e manipueira tratadas como fontes de nutrientes, aplicados ao solo via adubação de fundação e via fertirrigação (F) em ambiente protegido.

Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueria e 48,7 % de urina humana tratadas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 14 tratamentos e quatro repetições. Foram realizadas oito fertirrigações em intervalos temporais de cinco dias entre cada. Os critérios localização, caracterização da estufa, montagem das unidades experimentais, adubação, manejo de irrigação, tratamento dos efluentes, solo, e uso dos mesmos na adubação do milho híbrido AG 10 51 foi o mesmo já discriminado também no capítulo 1.

Para avaliar a produção do milho híbrido AG1051, aos 95 dias após a emergência (DAE), quando o milho estava no estágio de maturação R3 (grãos leitosos) as espigas foram colhidas e avaliadas quanto à fitomassa fresca de espigas comerciais sem palha (FMFESP) e com palha (FMFECP), comprimento médio de espigas frescas comerciais com palha (CMEFCCP), comprimento médio de espigas frescas comerciais sem palha (CMEFCSP) e diâmetro médios de espigas frescas comerciais com palha (DMEFCCP), diâmetro médios de espigas frescas comerciais sem palha (DMEFCSP), peso médio de 100 grãos secos (PM100GS), número de fileiras de grãos de espigas comerciais frescas (NFECF).

Para determinação da fitomassa seca de espiga comercial com e sem palha, estas foram postas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada do ar a 50 °C até atingirem peso constante. Após a secagem foi realizada a pesagem em balança analítica digital com precisão de 0,5 g. Já para definição do diâmetro, as leituras foram realizadas na região mediana de cada espiga, para o peso médio de 100 grãos, após as espigas despalhadas terem sido levadas a estufa de circulação forçada do ar a uma temperatura de 50 ° C, foram debulhados e selecionadas 100 grãos de maneira aleatória e pesados em balança digital com precisão de 0,5 g.

Foram consideradas espigas comerciais sem palha, aquelas com comprimento superior a 15,0 cm, conforme Moreira et al. (2010) e com diâmetro médio superior a 4,0 cm, granadas e isentas de injúrias causadas por insetos-praga e doenças.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se por meio da análise de variância, que as variáveis fitomassa fresca da espiga comercial com palha (FFECCP) e sem palha (FFECSP) do milho variaram de forma significativa ($p < 0,05$) entre as formas de aplicação, bem como do tipo de fertilizante orgânico ou mineral utilizado no cultivo (Tabela 3.1).

Em estudo realizado por Perfeito et al., os autores avaliaram o crescimento e produção do milho verde doce fertilizado com doses crescentes de nitrato de amônio, e não encontraram diferenças estatísticas para as variáveis massa de espiga com e sem palha (g).

Tabela 3.1 Resumo da análise de variância referente à fitomassa fresca da espiga comercial com palha (FFECCP) e sem palha (FFECSP) do milho fertilizado com adubo mineral e orgânico (urina humana + manureira) sob aplicação via fundação e fertirrigação.

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|-------------|------|------------------------|------------------------|
| Adubação | (13) | FFECCP | FFECSP |
| \hat{y}_1 | 1 | 43380,32 ^{**} | 6401,87 ^{ns} |
| \hat{y}_2 | 1 | 179,28 ^{ns} | 5350,24 ^{ns} |
| \hat{y}_3 | 1 | 322,32 ^{ns} | 682,46 ^{ns} |
| \hat{y}_4 | 1 | 4673,51 ^{**} | 1341,87 ^{ns} |
| \hat{y}_5 | 1 | 25299,00 ^{**} | 13438,16 ^{**} |
| \hat{y}_6 | 1 | 2861,04 ^{**} | 3902,01 ^{ns} |
| Resíduo | 13 | 317,075667 | 1759,93 |
| CV % | | 6,57 | 20,84 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV-Coeficiente de variação; (*) Significativo a 0,05, (**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Através dos contrastes de média obtidos para FFECCP, verifica-se que as plantas que foram fertilizadas via fertirrigação com T8 (F – NPK) versus T6 (1270 mL) apresentaram uma redução de 112,47 % e de 81,97 % para FFECSP por meio do contraste de médias \hat{y}_5 (Tabela 3.2).

Esse efeito pode estar relacionado com a forma de aplicação do fertilizante no solo, que segundo Souza et al. (2011) promove o uso racional de fertilizantes em agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de uso do fertilizante, disponibiliza nutrientes no volume de solo explorado pelo sistema radicular da cultura e reduz a mão de obra e o custo com máquinas. Quando foi realizado o contraste de média de NPK (T1) versus os demais tratamentos aplicados vida fundação, observa-se um ganho para esta variável de 112,48 % e de 43,21 % para fitomassa fresca da espiga comercial com e sem palha, respectivamente (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Estimativa de média referente à fitomassa fresca da espiga comercial com palha (FFECCP) e sem palha (FFECSP) do milho fertilizado com adubo mineral e orgânico (urina humana + manípueira) sob aplicação via fundação e fertirrigação.

| FV | G | Estimativa da Média | |
|-------------|----|---------------------|--------|
| L | | | |
| Ad | (1 | FFECCP | FFECSP |
| ubação | 3) | | |
| \hat{y}_1 | 1 | 112,48 | 43,21 |
| \hat{y}_2 | 1 | 7,15 | -39,09 |
| \hat{y}_3 | 1 | 12,69 | -18,47 |
| \hat{y}_4 | 1 | 48,34 | 25,90 |
| \hat{y}_5 | 1 | -112,47 | -81,97 |
| \hat{y}_6 | 1 | -32,75 | -38,25 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação.

Quando se compara a aplicação de (T8) com os demais tratamentos aplicados via fertirrigação nota-se um aumento de 7,15 % para a FFECCP, logo, para a variável FFECSP percebe-se uma redução de 39,09 %. Houve diferenças estatísticas significativas referentes aos efeitos dos tratamentos para a produção do milho. O milho apresentou maiores ganhos de FFECCP quando o solo foi fertilizado via fertirrigação com T12 e T14, respectivamente, com uma produção média de 373,26 g, seguido de T8 apresentando assim uma diferença percentual de 6,86 % (Figura 3.1).

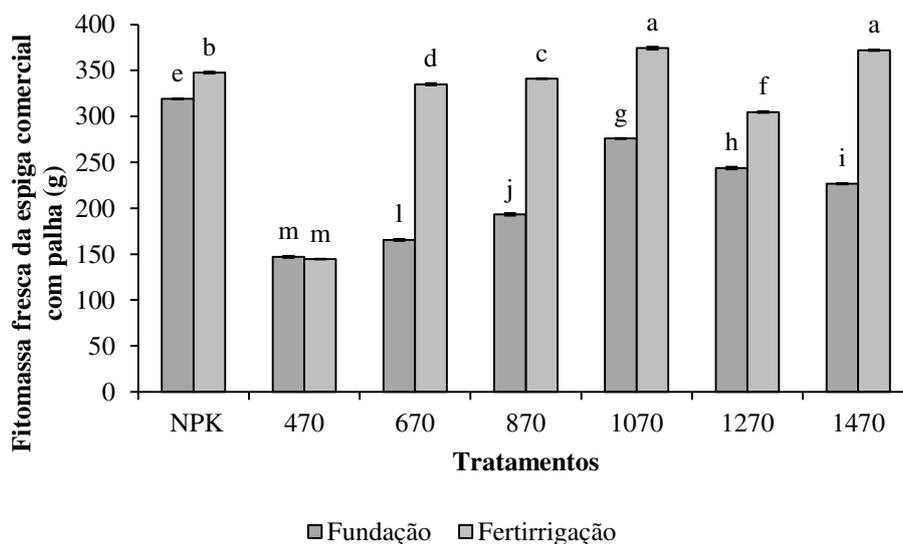


Figura 3.1. Fitomassa fresca de espigas comerciais com palha, cultivada em solo fertilizado via adubação de fundação e via fertirrigação com NPK e adubação orgânica de urina e manípueira tratadas.

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de médias, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o erro padrão das médias (n=4).

Houve diferença para esta variável quando adubada com fertilizante químico (NPK), com uma diferença percentual de 8,23 % quando adubado via adubação de fundação em relação à adubação via fertirrigação, evidenciando assim a eficiência da adubação via fertirrigação.

Freire et al. (2010), observaram em pesquisa avaliando o incremento nas fitomassas frescas das espigas comerciais com e sem palha, no entanto, o presente estudo afirma a eficiência da adubação orgânica via fertirrigação com urina humana e manipueira em relação a adubação com NPK via adubação de fundação e fertirrigação. Possivelmente este fato ocorreu, porque nos tratamentos com aplicação de fertirrigação o fertilizante foi parcelado, em decorrência de sua maior concentração de nitrogênio e potássio, quando comparado aos demais tratamentos.

Os tratamentos que promoveram menor acúmulo de fitomassa fresca da espiga comercial com palha foram T2 (147,02g) e T9 (147,60 g) (Figura 3.1), por meio do qual as unidades experimentais foram fertilizadas com 470 mL de solução, não havendo diferenças estatísticas em função da forma de aplicação da solução no solo. Verificou-se uma diferença percentual de 60,49% na relação entre T14 com 372,14 g e T2 com 147,02 g, evidenciando assim a eficiência da fertirrigação orgânica com urina humana e manipueira tratadas no cultivo do milho.

Este efeito pode estar atrelado a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo durante o desenvolvimento da cultura, representando quantidade de sais dissolvidos na solução do solo, com uma concentração de 2 g de sódio por litro de solução de urina humana mais manipueira tratadas. O valor da condutividade elétrica em avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo é condicionado à capacidade de se avaliarem mudanças da textura, da CTC e do teor de nutrientes do solo (Heiniger et al., 2003).

Logo, mesmo o tratamento com fertirrigação com 1270 mL de solução apresentando uma condutividade elétrica do extrato de saturação após o final do ciclo do milho de 371,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, foi o tratamento que promoveu a menor CEes foi T1, quando o solo foi adubado com NPK (Figura 3.2 A). Carmo et al. (2016), afirmam que a condutividade do solo explica grande parte da variação da massa de matéria seca de milho e se relaciona positivamente à concentração de nutrientes, que também prediz o crescimento e conseqüentemente produção do milho.

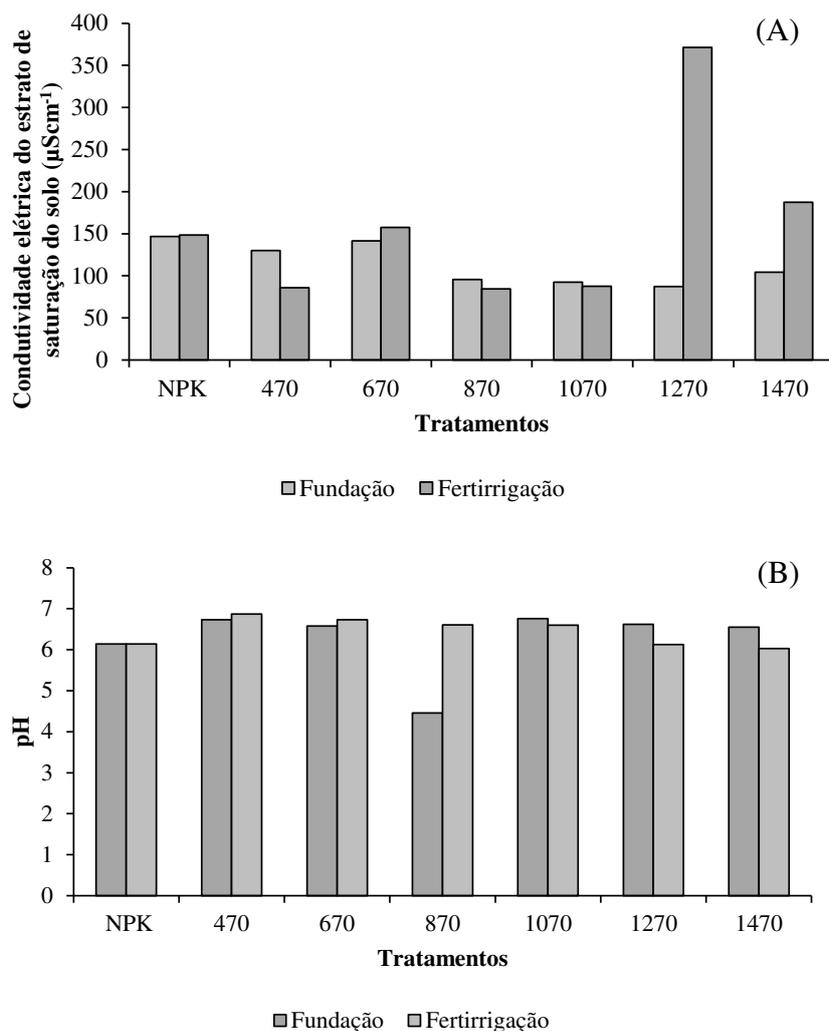


Figura 3.2 Condutividade elétrica do extrato de saturação (A) e pH (B) do solo ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

O pH do solo também não variou, ficando em média em torno de 6,35 (próximo a neutralidade), com exceção de T4 que apresentou um pH de 4,46 (ácido), intervalo em que a maioria dos nutrientes ficam disponíveis para as plantas na solução do solo (Figura 3.2 B). O pH do solo é utilizado como indicativo das condições gerais da fertilidade, pois reflete indiretamente o teor de bases existentes no solo (Zani et al., 2013). Com relação à fitomassa fresca da espiga comercial sem palha, também houveram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Figura 3.3).

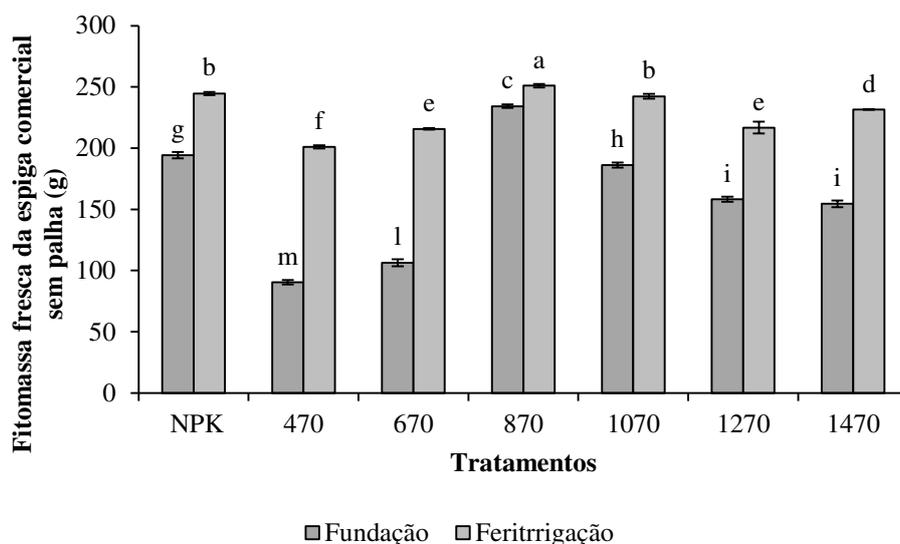


Figura 3.3 Fitomassa fresca de espigas comerciais, sem palha, cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e via feritrigação com NPK e adubação orgânica de urina e manipueira tratadas. Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de média Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o erro padrão das médias (n=4).

O tratamento que promoveu maior incremento na fitomassa fresca foi a adubação via feritrigação com 870 ml de solução de urina humana + manipueira tratadas (T11), apresentando assim uma diferença percentual média de 177,84 % na relação entre T2 (470 mL) e T3 (470 mL) com 135,91 % apresentando FFECSP de 251,06 g para T11, 90,39 g e 106,42 g para T2 e T3 respectivamente. A adubação de fundação e via feritrigado com fertilizantes químicos promoveram incrementos em relação àqueles que foram adubados via feritrigação com adubação orgânica. Dessa forma, fica clara a potencialidade de substituição do uso de fertilizantes químicos por orgânicos, além de serem de fácil aquisição e baixo custo de tratamento e aplicação no solo, reduz os custos com fertilização do solo e os impactos ambientais negativos gerados tanto por grandes quanto por pequenos produtores rurais.

A adubação orgânica via feritrigação com 870 mL (T11) de solução foi o que promoveu ganhos, seguido de T12 e T8 (feritrigação com NPK), estes foram os tratamentos que influenciaram positivamente esta variável foi quando solo foi fertilizado via feritrigação independentemente do tratamento. Assim como para variável FMFECSP, esta variável, quando o solo foi fertilizado via feritrigação

apresentou incrementos de fitomassa fresca da espiga comercial sem palha massa superiores em relação à adubação via fundação.

Segundo Barreto et al. (2014), em estudo realizado com doses crescentes de água residuária tratada em relação a água de poço artesiano, o incremento percentual de água residuária tratada promoveu maior ganho significativo para peso médio de espiga com e sem palha (PMECP e PMESP). Da mesma forma Azevedo et al. (2007) observaram que, com o uso da água residuária tratada na fertirrigação, foi possível obter produtividade satisfatória para o milho forrageiro, chegando a 117,318 kg por 40 m² (29,33 t ha⁻¹).

Ocorreram diferenças estatísticas significativas para todas as variáveis de produção da espiga comercial fresca (Tabela 3.1). Em relação ao comprimento de espiga fresca comercial com palha, não se obteve diferenças estatísticas significativas entre adubação química de fundação e fertirrigação com 870 mL de solução (T11), logo quando o solo foi fertirrigado com NPK (T8) ocorreu uma redução média percentual para esta variável de 4,49 % em a T11 que apresentou um incremento de 33,38 cm para comprimento da espiga fresca comercial com palha.

Tabela 3.1 Comprimento e diâmetro de espigas frescas comerciais com e sem palha do milho híbrido AG 1051 cultivado em solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigação com adubação química (NPK) e adubação orgânica (urina humana e manureira tratadas).

| FV | CEFCCP (cm) | CEFCSP (cm) | DEFCCP (mm) | DEFCSF (mm) |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 – NPK | 34,50 a | 19,57 b | 55,82 b | 44,57 d |
| T2 – 470 mL | 24,50 f | 16,83 d | 40,65 h | 39,45 f |
| T3 – 670 mL | 23,50 g | 15,34 e | 52,66 d | 46,00 c |
| T4 – 870 mL | 31,00 c | 20,00 a | 47,07 g | 50,84 a |
| T5 – 1070 mL | 32,25 c | 19,05 b | 54,67 c | 44,92 d |
| T6 – 1270 mL | 28,58 d | 17,88 c | 47,00 g | 41,36 e |
| T7 – 1470 mL | 29,33 d | 17,33 c | 50,07 f | 45,43 c |
| T8 – F NPK | 31,86 b | 20,33 a | 53,32 e | 46,09 c |
| T9 – F 470 mL | 25,00 f | 18,92 b | 53,59 d | 40,76 e |
| T10 – F 670 mL | 27,63 e | 18,75 b | 51,77 e | 46,86 b |
| T11 – F 870 mL | 33,38 a | 20,66 a | 58,31 a | 49,69 a |
| T12 – F 1070 mL | 33,66 b | 20,50 a | 57,12 b | 50,30 a |
| T13 – F 1270 mL | 28,66 d | 18,25 c | 56,37 b | 50,15 a |
| T14 – F 1470 mL | 28,00 e | 16,50 d | 53,08 d | 47,77 b |
| QM | 52,153** | 10,604** | 90,34 ** | 53,362** |
| Resíduo | 0,398 | 0,386 | 0,812 | 0,645 |
| CV % | 2,12 | 3,35 | 1,73 | 1,74 |

**, significativo a 1% de probabilidade; QM: quadrado médio; Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de comparação de média Scott-Knott (p< 0,05); CV%: coeficiente de variação.

Os tratamentos que influenciaram negativamente esta variável foram T2 e T9, em ambos foi aplicado ao solo o volume de 470 mL de urina humana + manipueira tratada, no entanto, independentemente da forma de adubação do solo, estes tratamentos promoveram uma redução percentual média de 25,85 % em relação a T11, bem como T3 que promoveu uma redução média percentual de 29,59 %. Para CEFCS, este foi influenciado positivamente apenas quando o solo foi fertirrigado com T8, T11 e T12, com exceção de T4 (adubação via fundação com 870 mL de solução).

Para adubação de fundação, T3 foi o tratamento que favoreceu o menor ganho para esta variável em relação a T8, T11 e T12 com uma diferença percentual média de 24,54 %, 25, 17 % e 16,31 % respectivamente, já com relação à forma de aplicação de 670 mL de solução nutritiva no solo, T10 promoveu um incremento de 18,18% em relação a T3 apenas pela mudança na forma de adubação do solo, evidenciando que possivelmente, a aplicação de nutrientes no solo via fertirrigação pode afetar positivamente esta variável, pois a fertirrigação a aplicação de nutrientes através da irrigação é realizada diretamente na zona radicular da cultura (Tabela 3.1).

Com relação ao DEFCCP, quando o solo foi fertirrigado com 870 mL de urina humana + manipueira tratadas houve influência positiva com um diâmetro de 58,31 mm, já para adubação de fundação T6 e T2 promoveram os menores incrementos para esta variável em relação a T11, apresentando ganho de 47,00 e 40,65 cm respectivamente, com uma diferença média percentual de 24,84 %. A aplicação de 870 mL de solução via fertirrigação influenciou positivamente o incremento desta variável em relação à adubação via fundação com uma diferença média percentual de 19,27 % em função d maneira de adubar o solo.

A adubação com NPK via fundação promoveu um incremento de 53,32 mm para esta variável, enquanto que para T8 (F- NPK) a média foi e 55,82 mm, cuja diferença percentual média de 4,47 % referente a diferente forma de dos nutrientes ao solo, o mesmo efeito pode ser visto na relação entre T4 e T11 com médias de 47,07 mm e 58,31 mm respectivamente, apresentando assim uma diferença percentual de 19,27 % evidenciando que à adubação do solo via fertirrigação é mais eficiente e eficaz para o desenvolvimento da cultura.

Quando foi realizada a adubação do solo com 470 mL de solução houve influência negativa sobre esta variável, promovendo um incremento de 39,45 mm. Para Trani et al. (2011) é a melhor e mais eficiente maneira ou método de adubação do solo, pois é a combinação da água com nutrientes essenciais que juntamente com a luz solar

são os fatores mais importantes ao desenvolvimento das culturas, desta forma uma boa combinação desses fatores determina o rendimento e a qualidade desta.

Para o diâmetro da espiga comercial fresca sem palha (DEFCSF), os tratamentos T4, T11, T12 e T13 foram os que influenciaram positivamente esta variável não havendo diferenças estatísticas significativas promovendo assim ganhos médios superiores em comparação ao solo adubado via fundação ou fertirrigado com adubação química, por meio do qual quando o solo foi adubado com (T12) houve um ganho médio para esta variável de 50,30 mm, já quando fertilizado com NPK via fundação ou fertirrigado com o mesmo o incremento médio foi de 45,33 mm, com uma diferença percentual de 9,88 %.

O tratamento com 470 mL de solução via adubação de fundação foi o que promoveu o menor incremento para todas as variáveis, com exceção apenas de DEFCSF, desta forma o que pode ter provocado esses efeitos, foi o volume de solução ainda com concentração de nutrientes insuficientes para nutrir a planta durante todos os estádios fisiológicos da cultura mesmo com a recirculação dos nutrientes lixiviados durante os eventos de irrigação, levando em conta que o solo não apresentava quantidades consideráveis de matéria orgânica (2,93%) e carbono orgânico (1,70%) sendo este um solo pobre nutricionalmente.

Nesse sentido, a adubação mineral pode ser substituída por adubação química, reduzindo assim custos com aquisição de insumos, bem como redução dos impactos ambientais negativos que estão intrínsecos a popularização, redução do uso e produção de fertilizantes nitrogenados em todo o mundo.

A urina humana tratada pode substituir o nitrogênio, e a manipueira pode ser utilizada como fonte de potássio, contendo, ambas as águas residuárias, fósforo em sua composição, formando assim um complexo com todos os macronutrientes essenciais necessários para o bom desenvolvimento da cultura do milho. Para Santos et al. (2010), a maioria dos solos brasileiros apresentam teores insuficientes de nitrogênio, havendo então, a necessidade de seu fornecimento seja na forma mineral ou orgânica, sendo, portanto, viável o uso de águas amarelas como uma alternativa sustentável.

Analisando o peso médio de 100 grãos secos verifica-se diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3.2). Desta forma, T1 e T10 foram os tratamentos que promoveram os maiores incrementos para esta variável com um peso médio de 15,81 g e 16,15 g respectivamente.

Tabela 3.2 Peso médio de 100 grãos secos e número de fileiras do milho híbrido AG 1051 cultivado com solo fertilizado via adubação de fundação e fertirrigação com solução (urina humana e manipueira tratadas).

| FV | PM100 (g por planta) | NFPE (-) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| T1 – NPK | 15,81 a | 14,00 a |
| T2 – 470 mL | 11,46 f | 13,50 a |
| T3 – 670 mL | 13,36 d | 15,50 a |
| T4 – 870 mL | 12,17 e | 14,25 a |
| T5 – 1070 mL | 13,82 c | 15,25 a |
| T6 – 1270 mL | 14,00 c | 15,25 a |
| T7 – 1470 mL | 12,09 e | 14,50 a |
| T8 – F NPK | 14,46 c | 15,00 a |
| T9 – F 470 mL | 15,38 b | 14,75 a |
| T10 – F 670 mL | 16,15 a | 15,00 a |
| T11 – F 870 mL | 14,01 c | 15,00 a |
| T12 – F 1070 mL | 15,21 b | 14,50 a |
| T13 – F 1270 mL | 15,30 b | 14,50 a |
| T14 – F 1470 mL | 12,86 d | 15,25 a |
| QM | 8,727** | 1,248 ^{ns} |
| Resíduo | 0,210 | 0,779 |
| CV % | 3,27 | 5,99 |

** , significativo a 1% de probabilidade; QM: quadrado médio; Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de comparação de média Scott-Knott ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Com isso o uso e T2 promoveu a menor produção para esta variável com um valor de 11,46 g seguido de T7 com ganho de 12,09 g. Assim, a fertirrigação com 670 mL de solução (T10) foi o tratamento que promoveu a maior massa seca para esta variável, sendo esta a mais importante no que diz respeito à produção final do milho, seja fresco ou “*in natura*” quando o mesmo for direcionado para indústria. Já a aplicação de T10 no solo, influenciou positivamente o incremento desta variável, principalmente em relação à fertirrigação com NPK (T8) que promoveu uma diferença percentual de 10,46 %. Observa-se que a adubação com T5, T6, T8, e T11 não apresentaram diferenças estatísticas entre si, com valores médios de 13,82 g, 14,00 g, 14,46 g e 14,01 g respectivamente.

De acordo Arnon (1975) e Coelho (2005), as exigências de nitrogênio e potássio no milho variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos.

Com relação ao número de fileiras por espiga (NFPE) não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, com médias variando de 13,5 a 15,5 fileiras por espiga para os tratamentos T2 e T3 respectivamente (Tabela 3.2). Assim, os

diferentes volumes de solução orgânica ou mineral aplicadas ao solo, seja via adubação de fundação ou fertirrigação não promoveram efeitos distintos, diferentemente das demais variáveis analisadas, desta forma os diferentes tipos e formas de aplicação de adubos orgânicos ou mineral.

3.4 CONCLUSÕES

1. O uso de solução água amarela e manipueira aplicada ao solo via fertirrigação promoveu os maiores incrementos para as variáveis fitomassa fresca comercial do milho híbrido AG 1051 com e sem palha.
2. Os maiores incrementos para as variáveis foram: comprimento e diâmetro de espiga fresca comercial com e sem palha, que foi promovido quando o solo foi fertilizado via fertirrigação com solução de urina humana e manipueira tratadas.
3. Para o peso médio de 100 grãos, a adubação de fundação com NPK e fertirrigação com 670 mL de solução de urina humana + manipueira tratadas promovem os maiores ganhos de massa seca de grãos, já para o número de fileiras por espiga não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos.
4. A adubação orgânica com urina e manipueira tratadas aplicada ao solo via fertirrigação no cultivo do milho híbrido AG 1051 influencia positivamente a sua produção, podendo substituir a adubação mineral, desde que em doses recomendadas.
5. O uso da fertirrigação com 870 mL de urina humana e manipueira tratadas foi o tratamento que promoveu os maiores incrementos para todas as variáveis de produção avaliada, com exceção da fitomassa fresca comercial da espiga com palha, assim essa dose pode ser recomendada para produção do milho híbrido AG 1051.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington DC: APHA, 2005.

Araújo, N. C.; Amorim, C. M.; Oliveira, R.; Meira, C. M. B. S.; Oliveira, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. *IRRIGA*, v. 20, n. 4, p. 718, 2015.

Arnon, I. Mineral nutrition of mayze. Bern: International Potash Institute, 1975.

Bernardo, S.; Mantovani, E. C.; Soares, A. A. Manual de Irrigação. Viçosa, UFV. 2008, 611p.

Azevedo, M. R. Q.; Konig, A.; Beltrão, N. E. M.; Azevedo, C. A. V.; Tavares, T. L.; Soares, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007.

Barreto, C. Z. V.; Tavares, G. M.; Ramos, C. L.; Campos, A. S. M.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, B. R. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 9, n. 4, p.737-750, 2014.

Botto, M. P. Utilização da urina humana como biofertilizante para produção de alimentos e energia: caracterização e uso na agricultura e recuperação de nutrientes. 2013, 270 f. Tese (Doutorado em Eng. Civil) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza - CE.

Carmo, D. L.; Silva, C. A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 10, p. 1762-1772, 2016.

Coelho, A.M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds) Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, 2005. cap. 22, p.613-652.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Avaliação da safra agrícola 2015/2016: primeiro levantamento – outubro/2015. Brasília: CONAB, 2015.

Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/> >. Acesso em: 12 janeiro de 2018.

Estados Unidos, Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. World agricultural production. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/wap/circular/2003/03-01/wap_01-03.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.

Ferreira, E. A.; Coletti, A. J.; Mendes, S.; Giovannetti, M. F. E. R. N. A. N. D. O.; Nogueira, A. A. M. A. N. D. A. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. *Revista Caatinga*, v. 27, n. 3, p. 22-29, 2014.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Freire, F. M.; Viana, M.C.M.; Mascarenhas, M.H.T.; Pedrosa, M.W.; Coelho, A.M.; Andrade, C.L.T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n. 3, p. 213- 222 2010.

Goldstein, J. F. Trentmann (Ed.). *The Oxford Handbook of the History of Consumption*. Oxford University Press, Oxford (2012), p. 326-347.

Heiniger, R.W.; McBride, R.G.; Clay, D.E. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. *Agronomy Journal*, v.95, n.3, p.508-519, 2003.

Moreira, J, N.; Silva, P. S. L.; Silva, K. M. B.; Dombroski, J. L. D.; Castro, R. S. Effect of detasseling on baby corn, green ear and grain yield of two maize hybrids. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n.4, p.406-411, 2010.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA, p. 189-253, 1991.

Ramos, J.G.; Nascimento, M.T.C.C.; Guimarães, F.F.B.; Pereira, M.O.; Borges, V. E.; Araújo, N. C.; Santos, J. S. Quality of Yellow Bell Pepper Fruits Cultivated in Fertilized Soil with Yellow Water and Cassava Wastewater. *Journal of Agricultural Science*. v.9, n. 10, p. 213-219, 2017.

Santos, A.; Silva, A. F.; Carvalho, M. A. C.; Caione, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.2, p.123-134, 2010. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/>>. Acesso em: 14 de outubro de 2017.

Silva, F. A. S. Assistat: statistical assistance. Versão 7.6 beta. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexi.html>>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

Silva, L. S.; Camargo, F. A. O.; Cereta, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: Meurer, E. J. (Ed.) *Fundamentos de química do solo*. Porto Alegre: Evangraf, 2012, 69 p.

Souza, V. F.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Nogueira, L. C.; Coelho, M. A.; Araújo, A. R. Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças. In: Souza, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 318-337.

Trani, P. E.; Tivell, I. S. W. O.; Carrijo, O. A. Fertirrigação em hortaliças. *Boletim Técnico*, Campinas: Instituto Agrônomo, 2ª ed., n.196, p. 51, 2011.

Richert, R.; Gensch, H.; Jönsson, T. A.; Stenström, L. *Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production*. Stockholm Environment Institute, Stockholm (2010).

Zini, R. B.; Vaz, F. T. J. P. Lima, J. M.; Serafim, M. E.; Ribeiro, B. A, R. Gontijo, G. P. T.; Coscione, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 4, p.1018-1026, 2013.

CAPÍTULO 4

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E SÓLIDOS SOLÚVEIS DO MILHO ADUBADO COM NPK, ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA

CAPÍTULO 4

Parâmetros fisiológicos e sólidos solúveis do milho adubado com NPK, água amarela e manipueira

RESUMO

A utilização de águas residuárias vêm se tornando uma alternativa economicamente viável e sustentável para a agricultura irrigada nos países em desenvolvimento. Este estudo teve por objetivo avaliar os parâmetros fisiológicos do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido em solo fertilizado com urina humana e manipueira. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatorze tratamentos e quatro repetições, totalizando assim 56 unidades experimentais. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação (experimento I), e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados fertirrigação (experimento II), parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratada. Foi avaliada os teores de clorofilas A, B, total e carotenoides, índice SPAD e (°Brix). O tratamento T1 promoveu um incremento de 43,94 % no índice SPAD em relação a T2. Os tratamentos que promoveram maiores incrementos na concentração de sólidos solúveis totais ou doçura do milho verde foram: T1, T5, T7 e T8 respectivamente. Com relação as clorofilas A, T12 e T13 com os valores de 3938,165 μgg^{-1} e 3843,703 μgg^{-1} respectivamente, para B quando fertirrigado com T14, clorofila total foi de 5479,152 μgg^{-1} adubado com T13 e 333440,042 μgg^{-1} para carotenoides quando adubado com T14. A aplicação de solução de urina + manipueira via fertirrigação no cultivo do milho híbrido AG 10 51 influenciou positivamente todas as variáveis fisiológicas.

Palavras-chave: Ecossanemamento; Urina humana; Reuso agrícola; Clorofila; Eficiência fotossintética.

CHAPTER 4

Physiological parameters and soluble solids of maize fertilized with NPK, yellow water and cassava wastewater

ABSTRACT

The use of wastewater has become an economically viable and sustainable alternative for irrigated agriculture in developing countries. Thus, this study aims to evaluate physiological parameters of the hybrid maize (AG 1051), which was cultivated in a protected environment, whereby soil was fertilized with human urine and cassava wastewater. This is a completely randomized design with fourteen treatments and four replications, totalizing fifty-six experimental units. The treatments consisted of: T1 (NPK - control), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) all applied through basal dressing, and T8 (F - NPK), T9 (F - 470 mL), T10 (F - 670 mL), T11 (F - 870 mL), T12 (F - 1070 mL), T13 (F - 1270) e T14 (F - 1470), applied through top dressing, with an interval of five days, totalizing eight applications. The solution consisted of 51.3 % of cassava wastewater and 48.7 % of human urine. The levels of chlorophylls A, B, total and carotenoids, SPAD index and ($^{\circ}$ Brix) were evaluated. T1 promoted an increase of 43.94% in the SPAD index in relation to T2. The treatments which promoted the greatest increase in total soluble solids concentration or sweetness of green maize were T1, T5, T7 and T8, respectively. With regard to the chlorophyll A, T12 and T13 with values of 3938.165 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ and 3843.703 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ respectively, for B when fertigated with T14, total chlorophyll value was 5479.152 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ fertilized with T13 and 333440.042 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ for carotenoids when fertilized with T14. The solution of human urine and cassava wastewater applied through fertigation in the hybrid maize (AG 1051) influenced all the physiological variables in a positive way,

Keywords: Ecological sanitation; human urine; reclaimed water; chlorophyll; photosynthetic efficiency.

4.1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, o crescimento acelerado da população e a escassez hídrica representam os grandes desafios para as economias e sociedades de todo o mundo (Gosling & Arnell, 2016). Assim, a crescente necessidade de produção de alimento, atrelada à busca pela sustentabilidade intensificam a procura por técnicas de produção mais eficientes e ecológicas promovendo desta forma modificações nos sistemas de produção agropecuários, diversificando os campos de cultivo e a eficiência do uso do solo (Calonego et al., 2011).

Nesse contexto, o reúso agrícola de águas servidas vêm ganhando cada vez mais atenção, sendo apontado com uma alternativa sustentável e ambientalmente correta na produção agrícola, desde que os efluentes passem por algum processo de tratamento prévio (Ramos et al., 2017; Botto et al., 2017; Araujo et al., 2015; Pereira et al., 2011),

O reúso agrícola de urina humana vêm sendo estudado para fins agrícolas devido sua composição química, para ser utilizado como fonte de nitrogênio para as plantas, uma vez que é rica em ureia, que no solo, transforma-se em amônia (NH_3) e nitrato (NO^3). É um efluente que representa grande viabilidade de uso e aplicação no setor agrícola, pois além da concentração de nitrogênio, a disponibilidade e o fácil acesso ao fertilizante torna mais forte o interesse pelo mesmo. Estima-se que cada indivíduo gera em média de 1,0 a 1,5 litros de urina por dia, uma pessoa adulta produz cerca de 500 litros de urina por ano (Jönsson et al., 2004),

O efluente oriundo do beneficiamento da mandioca, a manipueira, também vêm sendo vista como uma potencial fonte de nutrientes para as plantas, já que possui altas concentrações de potássio. Trata-se de um resíduo líquido, de aparência leitosa, odor forte, e é originada no processo de beneficiamento da mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*), através da prensagem desta, após a moagem do tubérculo para fabricação de farinha, fécula, massa, bem como outros produtos processados, como bolos, bolachas, biscoitos entre outros.

Este efluente possui concentrações relativamente elevadas de nutrientes, especialmente em potássio, magnésio, nitrogênio e fósforo, podem ser utilizados como fertilizantes de solo para atividades agrícolas (Cardoso et al., 2009). Desta forma, devido à escassez de insumos orgânicos e aos efeitos negativos que o uso de fertilizantes químicos trazem para agricultura moderna, a aplicação de urina humana e manipueira tratadas vem ganhando popularidade como fertilizante em vários países,

principalmente do continente africano, em países como Etiópia, Zimbábue e também na Alemanha no cultivo de cevada, e o Brasil (Germer & Sauerborn).

No cenário mundial, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho (*Zea mays L.*), com uma produtividade média de 5,05 t ha⁻¹, no entanto, essa produção ainda é considerada baixa se comparada a países como os Estados Unidos (8,9 t ha⁻¹) e a China (5,9 t ha⁻¹) que são os maiores produtores mundiais (CONAB, 2013; USDA, 2013). Um dos fatores que contribui para obtenção das elevadas produtividades nesses países reside no uso acentuado de fertilizantes nitrogenados visto que esta cultura é muito exigente em nitrogênio.

A cultura do milho verde “*in natura*” é uma alternativa de grande valor econômico para o produtor, devido ao bom preço de mercado, a demanda pelo produto e pela indústria de conservas alimentícias, além dos valores, agregados como mão-de-obra familiar, movimentação do comércio local, transporte, indústria caseira e de outras atividades ligadas à agricultura familiar.

O cultivo de milho para produção de milho verde tem aumentado significativamente, por apresentar maior valor agregado, pois na forma verde os preços pagos são maiores que na forma de grãos secos, sendo que seu cultivo emprega maior número de pessoas envolvidas na agricultura familiar, através de atividades de trabalho manual, como colheita (Pinho et al., 2008). O mercado tem se tornado tão promissor que produtores tradicionais de milho grão, feijão, café, entre outros, estão diversificando para a atividade milho verde (EMBRAPA, 2002).

No que diz respeito à adubação, o N está relacionado diretamente ao crescimento e rendimento da planta, principalmente pelo fato desse elemento mineral estar associado ao crescimento e desenvolvimento dos drenos reprodutivos e por participar da molécula de clorofila, o que está diretamente associado à atividade fotossintética (Martin et al., 2011).

O nitrogênio especialmente, se apresenta como macronutriente que tem mais efeito significativo no aumento da produção de grãos de milho, seguido pelo potássio e fósforo, aproximadamente 60% a 70% do nitrogênio e 85% do potássio extraídos do solo durante o ciclo da cultura, são acumulados antes do florescimento do milho o que requer o fornecimento desses nutrientes em quantidade suficiente para atender a grande demanda das plantas neste curto período, quando o sistema radicular é ainda pouco desenvolvido (Queiroz et al., 2011).

Desta forma, para avaliar a condição nutricional da cultura ao longo de seu crescimento existem diversas técnicas, dentre elas o SPAD-502 - Soil Plant Analysis Development que atua como técnica de medição rápida e não destrutiva e pode ser usada em condições de campo e permite uma avaliação excelente do processo fisiológico da planta (Rubio-Covarrubias et al., 2009; Dias et al., 2012).

As clorofilas e os carotenoides são os principais pigmentos ligados à eficiência fotossintética, pois estão ao crescimento das plantas em diferentes condições de manejo, podendo, ao ser determinada, servir de suporte para o planejamento e a tomada de decisões, principalmente sobre a adubação nitrogenada química ou orgânica (Force et al., 2003). Isto se deve ao fato de a clorofila apresentar alta relação com o rendimento para inúmeras culturas. As clorofilas e os carotenoides são os principais pigmentos ligados à eficiência fotossintética e, com o estabelecimento das relações de competitividade que a espécie manifesta no crescimento, produção e adaptação aos diversos ambientes (Smeal e Zhang, 1994).

O grau Brix ou sólidos solúveis totais é outro parâmetro de qualidade importante para controle e produção de milho verde, para consumo “*in natura*” pois o mercado consumidor prefere frutos doces, uma vez que representam a “doçura” do milho fresco. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros fisiológicos do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido em solo fertilizado com urina humana e manipueira tratadas.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram determinados para avaliar o efeito destes no crescimento do milho com o uso da adubação química com NPK, e orgânica com urina humana e manipueira tratadas como fontes de nutrientes aplicados ao solo via adubação de fundação e via fertirrigação (F) em ambiente protegido. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (NPK- testemunha), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL) aplicados em fundação, e T8 (F – NPK- testemunha), T9 (F - 470 mL), T10 (F – 670 mL), T11 (F – 870 mL), T12 (F – 1070 mL), T13 (F – 1270) e T14 (F – 1470) aplicados via cobertura parceladas em oito vezes com intervalos de cinco dias. A solução foi composta 51,3 % de manipueira e 48,7 % de urina humana tratadas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 14 tratamentos e quatro repetições. Foram realizadas oito fertirrigações em intervalos temporais de cinco dias entre cada.

Os critérios localização, caracterização da estufa, montagem das unidades experimentais, adubação, manejo de irrigação, tratamento dos efluentes, solo, e uso dos mesmos na adubação do milho híbrido AG 10 51 foi o mesmo já discriminado também no capítulo 1. Aos 95 DAE foi realizada a avaliação das variáveis fisiológicas consideradas destrutivas. As variáveis fisiológicas avaliadas foram: índice SPAD pigmentos fotossintéticos e sólidos totais solúveis (°BRIX).

Para a determinação do índice SPAD foi utilizado o medidor portátil SPAD- 502 da empresa Minolta. Ao longo do ciclo, foram feitas medições do índice SPAD em três folhas totalmente expandidas ao longo de cada planta registrando três leituras em cada folha, a média representou o valor de cada unidade experimental. A partir do extrato líquido homogeneizado de dois grãos frescos de milho, determinou-se o conteúdo de sólidos solúveis em refratômetro digital, modelo Atago PR-100, com compensação automática de temperatura a 25 °C, expresso em °Brix ou grau °Brix.

Para as avaliações de teor de clorofila a, b e carotenoides foram coletadas três folhas completamente expandidas a três alturas distintas das plantas, e dessas folhas foram obtidos 10 discos de 1,5 cm de diâmetro. Para a extração das clorofilas foram retirados 1 disco de cada folha, que após serem pesados foram macerados foram colocados em tubos de ensaio contendo acetona 80%. A seguir os tubos foram vedados, envolvidos com papel alumínio e mantidos por 72 horas sob refrigeração de 5 °C. Após a extração, foram realizadas as leituras de absorvância em espectrofotômetro digital a 470, 645 e 663 nm.

O cálculo dos teores de clorofila encontram-se nas Equações de 1 a 3 e carotenoides (Equação 4), expressos em mg g⁻¹ de massa seca, seguindo metodologia proposta por Arnon (1949) e com os coeficientes de absorção propostos de Lichtenthaler (1987).

$$Ca = 12,25A663 - 2,79A645 * \frac{V}{1000M} \quad \text{Eq. 1}$$

$$Cb = 21,50A6455 - 55,10A663 * \frac{V}{1000M} \quad \text{Eq. 2}$$

$$Ctotal = 7,15A663 + 18,71A645 * \frac{V}{1000M} \quad \text{Eq. 3}$$

$$Cx + c = \frac{1000A470 - 1,82 Ca - 85,02Cb}{198} * \frac{V}{1000M} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que: Ca = clorofila a (μgg^{-1} de massa seca); Cb = clorofila b (μgg^{-1} de massa seca); Ctotal = clorofila total (μgg^{-1} de massa seca), Cx + c = carotenoides (μgg^{-1} de massa seca); V = volume da amostra (mL) e M = massa seca da amostra.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR – ESAL (Ferreira, 2011).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se por meio do resumo da análise de variância (Tabela 4.1), que as variáveis Índice SPAD e sólidos totais solúveis do milho híbridos variaram de forma significativa ($p < 0,05$) entre a forma de aplicação e as diferentes concentrações de urina humana e manipeira tratadas aplicadas. Para o contraste \hat{y}_4 não houve diferença estatística para nenhuma das variáveis analisadas. Em estudo realizado por Favarato et al. (2016), no cultivo do milho com diferentes tipos de adubação orgânica de cobertura constataram não existir diferença estatística significativa em função do tipo de cobertura.

Tabela 4.1 Resumo da análise de variância referente ao Índice SPAD e Sólidos Totais Solúveis ($^{\circ}$ BRIX) das plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manipeira tratadas).

| FV | GL | Quadrados Médios | |
|-------------|------|----------------------|--|
| Adubação | (13) | SPAD | Sólidos Totais Solúveis ($^{\circ}$ BRIX) |
| \hat{y}_1 | 1 | 225,62 ^{**} | 29,08 ^{**} |
| \hat{y}_2 | 1 | 117,74 ^{**} | 22,50 ^{**} |
| \hat{y}_3 | 1 | 121,68 ^{**} | 10,12 ^{**} |
| \hat{y}_4 | 1 | 0,66 ^{ns} | 3,12 ^{ns} |
| \hat{y}_5 | 1 | 480,03 ^{**} | 10,12 ^{**} |
| \hat{y}_6 | 1 | 116,16 ^{**} | 19,26 ^{**} |
| Resíduo | 13 | 9,26 | 9,22 |
| CV % | | 5,75 | 9,11 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV-Coeficiente de variação; (*) Significativo a 0,05, (**) Significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) Não significativo.

Através dos contrastes de médias obtidos para o Índice SPAD e Sólidos Totais Solúveis (°BRIX), verifica-se ao relacionar as plantas cultivadas em solo adubado via fundação com 1270 mL de solução com T8 (fertirrigação com adubação mineral) promovendo assim uma redução de 15,49 % para quando solo foi fertilizado com T6 (1270 mL) (Tabela 4.2). Quando se compara a adubação mineral aplicada ao solo via fundação com as diferentes concentrações de solução aplicados no solo também via fundação promoveram um ganho de 8,11 % para o Índice SPAD e de 2,91 % para os sólidos totais solúveis.

Para os sólidos totais solúveis, por meio dos contrastes \hat{y}_1 , \hat{y}_2 , \hat{y}_3 e \hat{y}_6 houve um ganho médio de 2,59 %, já para o Índice SPAD, por meio dos contrastes \hat{y}_2 , \hat{y}_3 e \hat{y}_6 houve um efeito negativo de 6,63 %. O que possivelmente pode ter influenciado nesse efeito foi o fato da adubação mineral dispor de todos os nutrientes estarem prontamente estabilizados para serem absorvidos e assimilados pela cultura, como também o fato das doses crescentes de solução orgânica ter comprometido esse rendimento através de um estresse nutricional sofrido pela cultura. Em pesquisa realizada por Mamede et al. (2014), analisaram parâmetros físico-químicos de cultivares de milho doce, com uso de adubação convencional e observaram teor médio de sólidos solúveis de 15,49 °Brix.

Tabela 4.2 Estimativa de média referente ao Índice SPAD e Sólidos Totais Solúveis (°BRIX) das plantas de milho adubado via adubação de cobertura e fundação com adubação mineral e orgânica (solução de urina humana + manipeira tratadas).

| FV | GL | Estimativa da Média | |
|-------------|------|---------------------|----------------------------------|
| Adubação | (13) | SPAD | Sólidos Totais Solúveis (° BRIX) |
| \hat{y}_1 | 1 | 8,11 | 2,91 |
| \hat{y}_2 | 1 | -5,80 | 2,53 |
| \hat{y}_3 | 1 | -7,80 | 2,25 |
| \hat{y}_4 | 1 | -0,57 | 1,25 |
| \hat{y}_5 | 1 | -15,49 | -2,25 |
| \hat{y}_6 | 1 | -6,60 | 2,68 |

\hat{y}_1 (T1 vs T2; T3; T4; T5; T6; T7), \hat{y}_2 (T8 vs T9; T10; T11; T12; T13; T14), \hat{y}_3 (T1 vs T12), \hat{y}_4 (T8 vs T12), \hat{y}_5 (T6 vs T8), \hat{y}_6 (T1 vs T8; T14); FV – Fonte de variação.

As concentrações de fertilizantes orgânicos e minerais aplicados no milho afetaram significativamente ($p>0,05$) os valores do índice SPAD aos 95 DAE (estádio R4, grão leitoso). O tratamento que promoveu efeito significativo positivo sob esta variável foi T-11, quando o solo foi fertirrigado com 870 mL de solução (urina humana + manipeira) com uma diferença média percentual de 43,94 % em relação a T2 que apresentou um índice SPAD de 35,23 (Figura 4.1). O índice SPAD também foi influenciado pelo manejo da adubação causando efeito isolado ou combinado com a

adubação via fundação (Figura 2). A partir disso, percebe-se que não houve diferenças estatísticas entre T8, T11, T12, T13 e T14 que promoveram os maiores incrementos no índice SPAD com 60,72, 62,85, 59,30, 61,3 e 59,4, assim as maiores estimativas dos teores de clorofila total foram apresentadas quando o milho foi cultivado em solo fertirrigado com urina humana e manureira, com exceção de T9 e T10.

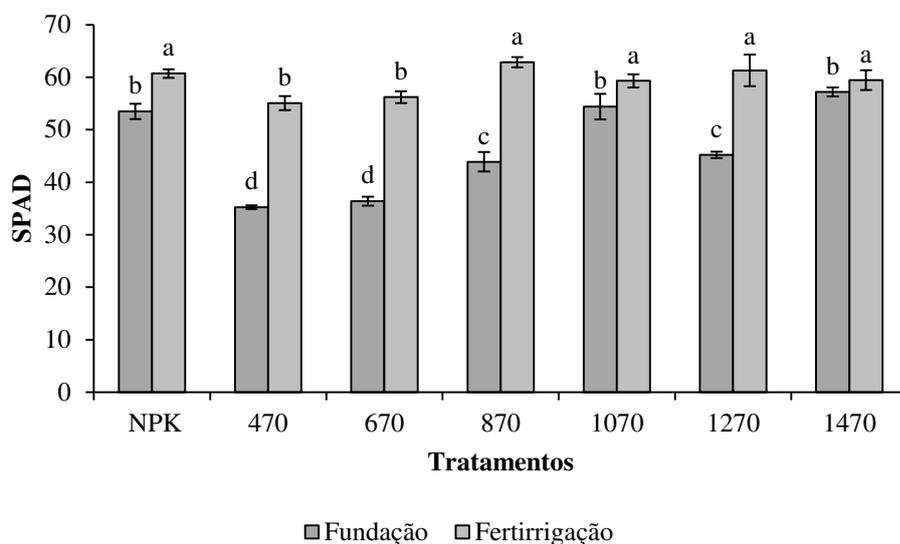


Figura 4.1 Índice SPAD do milho adubado via fundação e fertirrigação com NPK e adubação orgânica (urina humana e manureira tratadas) aos 95 DAE em ambiente protegido, médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade, as barras representam o erro padrão das médias (n=4).

Quando o solo foi adubado com NPK via fertirrigação obteve-se um índice SPAD de 60,72 quando a forma de adubação com NPK foi aplicada via adubação de fundação houve um ganho de 53,5 no índice SPAD, no entanto, houve uma diferença percentual média de 11,89 % em relação à forma de aplicação dos fertilizantes no solo (Figura 4.1). Segundo Pariz et al. (2011), plantas maiores apresentam maior acúmulo de nutrientes, os quais serão translocados para as espigas no período de enchimento de grãos o que pode influenciar positivamente e diretamente ganhos na produtividade. O uso de material orgânico na adubação tem contribuído para o aumento da produtividade de diversas culturas agrícolas, isso por favorecer a fertilidade do solo (Freitas et al., 2012).

Duarte et al. (2013) estudando o uso da manipueira como alternativa à adubação mineral perceberam que ela promoveu incremento no pH, na CEEs e nos teores de P e de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ trocáveis no solo apresentando um pH médio de 7,15. Com relação aos sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) verificou-se diferença estatística entre os tratamentos (Figura 4.2), Os tratamentos que promoveram maiores incrementos na concentração de sólidos solúveis totais ou doçura do milho verde foram T1, T5, T7 e T8, respectivamente. Quando o solo foi fertilizado apenas com adubação química com NPK (T1) obteve um valor médio de 15,75 ($^{\circ}$ Brix), já quando o NPK foi aplicado via fertirrigação o valor médio foi de 14,75, assim, mesmo não havendo diferenças estatísticas significativas é possível constatar uma diferença média percentual de 6,34 % entre T1 e T8, o que pode ter promovido essa diferença foi à forma de aplicação da adubação química com NPK no solo (Figura 4.2).

Quando o solo foi fertirrigado com adubos orgânico e mineral não houve diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott, com exceção apenas do adubado com NPK (T8) e 1470 mL de solução (T14) (Figura 4.2).

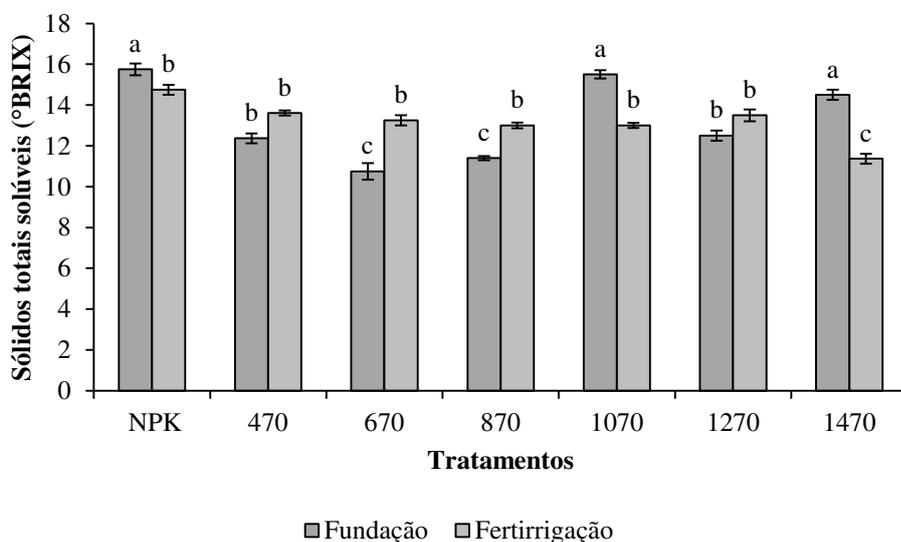
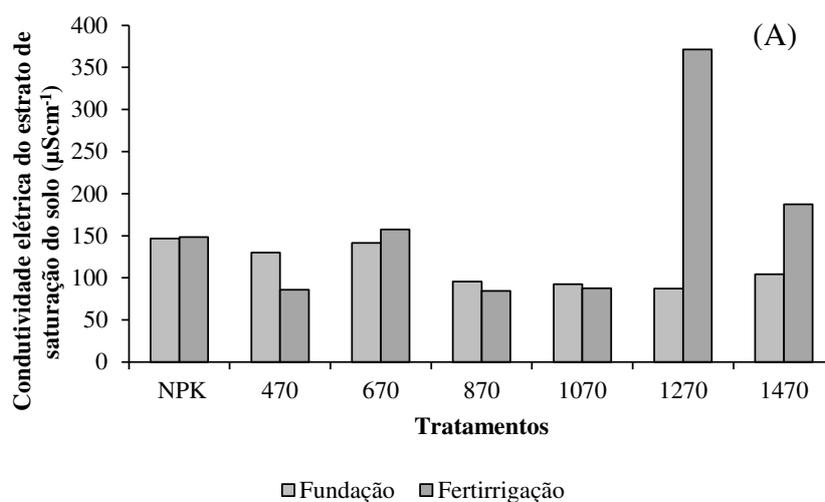


Figura 4.2 Sólidos solúveis totais do milho cultivado em ambiente protegido e adubado e fertirrigado com NPK e biofertilizante (urina humana e manipueira tratadas), médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de comparação de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras representam o erro padrão das médias (n=4).

A aplicação dos tratamentos T3, T4 e T14 promoveram os menores incrementos de sólidos solúveis totais, por meio do qual este efeito pode estar atrelado tanto a forma aplicação da urina humana e manipueira tratadas no solo, como também as concentrações de nutrientes nestas contidas (Figura 4.2). O teor de sólidos solúveis é um indicador de qualidade para o consumo “*in natura*” e o processamento industrial do milho verde, porque a concentração de açúcares simples e de polissacarídeos nos grãos exerce influência na sua aceitação pelo mercado consumidor, principalmente na forma de embutidos e enlatados sob as características não apenas de concentração de sólidos solúveis, mas também a umidade, textura e aroma do grão (Leite et al., 2003).

A relação com o pH e a CEEs do solo não exerceu efeito negativo sob as variáveis SPAD aos 95 DAE e grau °BRIX, principalmente quando para T2 e T13, que formam os tratamentos que promoveram as maiores amplitudes em relação aos demais (Figura 4.3).



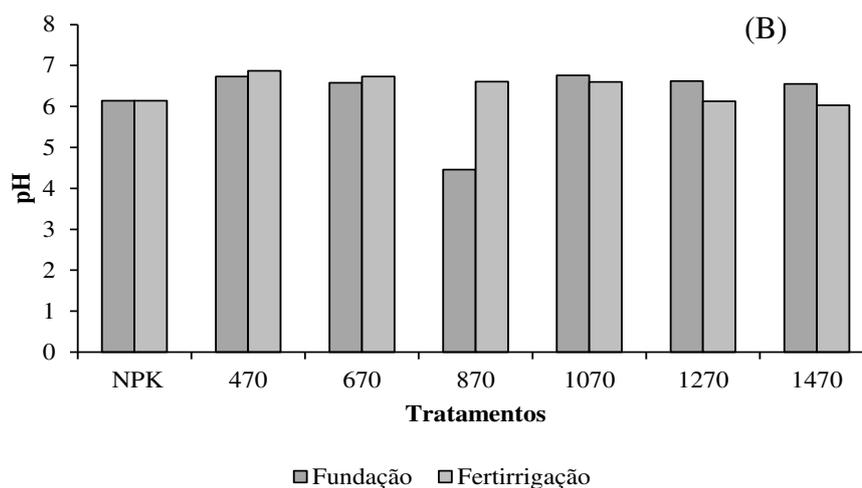


Figura 4.3 Condutividade elétrica do extrato de saturação (A) e pH do solo (B) ao final do ciclo da cultura do milho híbrido AG1051.

Com relação a clorofila A, o tratamento que promoveu efeito positivo significativo sem diferenças estatísticas entre eles foram T12 e T13 com os valores de $3938,165 \mu\text{gg}^{-1}$ e $3843,703 \mu\text{gg}^{-1}$ respectivamente, seguido de T9 com um incremento de $3464,880 \mu\text{gg}^{-1}$ (Tabela 4.1), por meio do qual o solo apresentou um pH médio de 6,08 e CEes de $279,4 \mu\text{S/cm}$. A adubação de fundação e fertirrigação química (T1) e (T8) promoveram uma redução percentual média de 51,25 % e 32,16 % respectivamente, em relação a T12 (fertirrigação com 1070 mL de urina humana + manipueira). Quando o milho foi cultivado em solo fertilizado via fundação com T7 houve menor concentração de clorofila A em comparação aos demais tratamentos (Tabela 4.1).

A alta produção de clorofila A quando solo foi fertilizado com T12 e T13 pode estar relacionada tanto a forma de aplicação do biofertilizante no solo, como também pela concentração e volume que podem ter promovido no solo quantidades necessárias de nutrientes disponíveis para a cultura sem afetar negativamente seu crescimento, levando em consideração, principalmente o potencial cianogênico da manipueira e sua capacidade de agregar as partículas de solo ainda pela presença de restos de fécula, criando assim uma crosta superficial no solo diminuindo a aeração e conseqüentemente, as trocas gasosas entre o solo e atmosfera.

Tabela 4.1 Valores médios de pigmentos fotossintéticos (μgg^{-1} de massa seca) de clorofila A, B, total e carotenóides do milho cultivado em solo adubado via adubação de fundação e fertirrigado com adubação química e orgânica (urina humana e manipueira).

| FV | Clorofila A μgg^{-1} | Clorofila B μgg^{-1} | Clorofila Total μgg^{-1} | Carotenóides μgg^{-1} |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| T1 – NPK | 1919,710 g | 963,347 f | 2883,057 g | 201262,402 b |
| T2 – 470 mL | 3200,917 c | 1082,505 e | 4283,422 d | 187569,452 c |

| | | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| T3 – 670 mL | 3202,302 c | 1265,337 d | 4467,637 d | 188437,275 c |
| T4 – 870 mL | 2151,340 f | 702,672 g | 2854,012 g | 134903,980 d |
| T5 – 1070 mL | 2477,475 e | 914,342 f | 3391,817 f | 223476,265 b |
| T6 – 1270 mL | 2863,215 d | 946,712 f | 3809,930 e | 157364,235 d |
| T7 – 1470 mL | 1196,970 h | 1677,932 b | 2874,902 g | 204517,330 b |
| T8 – F NPK | 2671,477 d | 870,915 f | 3542,395 f | 220454,930 b |
| T9 – F 470 mL | 3464,880 b | 1336,702 d | 4801,582 c | 220762,042 b |
| T10 – F 670 mL | 2696,640 d | 1040,130 e | 3736,765 e | 174333,065 c |
| T11 – F 870 mL | 2698,803 d | 971,512 f | 3670,315 e | 154319,985 d |
| T12 – F 1070 mL | 3938,165 a | 1491,240 c | 5429,410 a | 231861,775 b |
| T13 – F 1270 mL | 3843,703 a | 1635,450 b | 5479,152 a | 247536,832 b |
| T14 – F 1470 mL | 2220,658 f | 2805,197 a | 5025,855 b | 333440,042 a |
| Resíduo | 21858,83 | 5112,884 | 28719,479 | 534263636,391 |
| CV % | 5,37 | 5,65 | 4,22 | 11,24 |
| QM | 2266254,975 ** | 1136327,165 ** | 3335584,566 ** | 9,57933998E+0009 ** |

** : significativo a 1 % de probabilidade; Médias seguidas de letra iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$), CV%: coeficiente de variação; QM: quadrado médio.

No que se refere clorofila B, a aplicação de (T14) foi a que promoveu o maior incremento para esta variável em relação aos demais tratamentos, sendo assim, a concentração de clorofilas B quando o solo fertirrigado com 1470 mL solução de urina humana + manipueira foi superior a (T1) e (T8) adubado via fertirrigação com fertilizantes químicos, apresentando valores médios de $963,347 \mu\text{g g}^{-1}$ e $870,915 \mu\text{g g}^{-1}$, com uma diferença média percentual de 65,55% e 68,95 %, respectivamente. Deste modo, evidenciando que o uso de biofertilizantes tratados e em volumes recomendados pode vir a substituir a adubação química, que tanto promove a mitigação de impactos ambientais negativos oriundos da produção de fertilizantes químicos, desde a extração da matéria prima, produção e uso indiscriminado, eutrofizando rios, poluindo o ar e salinizando solos.

Não houve diferenças significativas para esta variável quando o solo foi adubado com T1, T5, T6 e T11, sendo estes os tratamentos que promoveram os menores incrementos de clorofila B, com ganho média de $744,023 \mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca (Tabela 4.1).

Assim como para clorofila A, as clorofilas totais, os tratamentos que promoveram o maior incremento para clorofila total foram T12 e T13, ou seja, quando o solo foi fertirrigado com 1070 e 1270 mL de urina humana + manipueira tratada, apresentando assim, uma diferença média percentual de 46,89% e 47,38% respectivamente em relação a T1 (solo adubado via adubação de fundação com NPK) evidenciando eficiência do uso de adubação orgânica via fertirrigação no cultivo do milho em ambiente protegido. Os tratamentos que promoveram as menores concentrações de clorofila total foram T1, T4 e T7 com $2883,057 \mu\text{g g}^{-1}$, $2854,012 \mu\text{g g}^{-1}$

e 2874,902 μgg^{-1} respectivamente, com uma diferença percentual média de 47,53 % em relação a T13 (Tabela 4.1).

O nitrogênio é o constituinte de aminoácidos, proteínas, inúmeras enzimas, nucleotídeos e clorofilas (Hayat et al., 2010), desta forma as clorofilas e os carotenoides são os principais pigmentos ligados à eficiência fotossintética e com o estabelecimento das relações de competitividade que a espécie manifesta no crescimento e adaptação aos diversos ambientes (Force et al., 2003). Fleck et al. (2003), afirmam que a maior taxa de acúmulo líquido e elevada velocidade de crescimento em plantas estão relacionados a elevados teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas. Assim, a urina humana como fonte de nitrogênio pode vir a ser também uma fonte alternativa, de fácil aquisição, sustentável a praticamente de custo zero de nitrogênio para a agricultura, desde que tratada e utilizada em doses recomendadas.

As clorofilas são os principais pigmentos de cloroplastos responsáveis pela coleta de radiação solar que durante o processo fotossintético são convertidos em energia química sob a forma de ATP (adenosina trifosfato) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido reduzido) (Taiz & Zeiger, 2013), já os carotenoides são essenciais para a fotossíntese atuando como pigmentos secundários, fator vitamínico e protetor solar que eliminam os radicais livres como ROS (espécies reativas de oxigênio) em tecido vegetal danificado (Pandey et al., 2010). Com relação aos carotenoides, assim como para clorofila B, o tratamento que influenciou positivamente foi T14 com 333440,042 μgg^{-1} , já T4 foi o tratamento que promoveu a menor média de carotenoides nas folhas do milho com um valor médio de 134903,980 μgg^{-1} , com uma diferença média percentual entre esses tratamentos de 59,54 %. Não houve diferenças estatísticas significativas para T2, T3 (adubação de fundação) e T10 (fertirrigação) com um apresentando em média 183446,597 μgg^{-1} de carotenoides (Tabela 4.1).

A adubação química com NPK, aplicado ao solo via adubação de fundação e fertirrigação influenciaram positivamente a quantidade de carotenoides, ficando abaixo apenas de quando o solo foi fertirrigado com 1270 (T13- F) e 1470 mL (T14- F) de solução (Tabela 2). Desta forma, é possível observar que, quando o solo foi fertirrigado com urina humana e manipueira tratadas podem influenciar positivamente na produção de carotenoides maximizando assim as concentrações de vitamina A, atuando positivamente nas propriedades antioxidantes, ou seja, ação na melhora da acuidade visual e contra doenças degenerativas, como câncer, catarata e cegueira (Pacheco, 2009).

Sendo assim, a aplicação de T6 (1270 mL) e T11 (F-870), foram os tratamentos que influenciaram negativamente a produção desse pigmento com os valores médios de 157364,235 e 154319,985 $\mu\text{g g}^{-1}$ respectivamente (Tabela 4.1). Segundo Souto et al, (2013) o uso de biofertilizante, quando aplicado via solo na forma líquida, proporciona melhorias na velocidade de infiltração da água e libera substâncias húmicas no solo, induzindo o aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação de pigmentos fotossintéticos na planta, facilitando a absorção de água e nutrientes.

4.4 CONCLUSÕES

1. A fertirrigação com NPK e urina humana mais manipueira tratadas são os tratamentos que promovem os maiores incrementos para as variáveis índice SPAD e pigmentos fotossintéticos.
2. O teor de Brix embora não influenciado pelos tratamentos aplicados está dentro da faixa recomendada para o milho.
3. A adubação química de fundação (T1) e fertirrigação do solo (T8) promove uma redução percentual média de 51,25 % e 32,16 % respectivamente em relação a T12 (fertirrigação com 1070 mL de urina humana + manipueira).
4. Os parâmetros fisiológicos do Híbrido AG 1051 obtém incrementos significativos quando fertilizados com urina humana e manipueira tratadas.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), & WEF (Water Environment Federation), (2005), Standard Methods for the examination of water and wastewater (21st ed.), Washington DC: APHA.

Arno. D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

Araújo, N. C.; Amorim, C. M.; Oliveira, R.; Meira, C. M. B. S.; Oliveira, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. *IRRIGA*, v. 20, n. 4, p. 718, 2015.

Bernardo, S.; Manovani, E. C.; Soares, A. A. (2008). Manual de Irrigação (p. 611), Viçosa, UFV.

Botto, M. P.; Muniz, L. F.; Aquino, B.; Santos, A. B. Produtividade da mamona cultivar BRS nordestina fertilizada com urina humana na agricultura de pequeno porte. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, Desarrollo y práctica, v. 10, n. 1, p. 113-124, 2017.

Calonego, J. C.; Borghi, E.; Crusciol, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 6, p. 2183-2190, 2011.

Cardoso, E.; Cardoso, D.; Cristiano, M.; Silva, L.; Back, A. J.; Bernadim, A. M.; Paula, M. M. S. Use of *Manihot esculenta crantz* processing residue as biofertilizer in corn crops. Research Journal of Agronomy, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Décimo primeiro levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: setembro de 2017.

Favarato, L. F., Souza, J. L. D., Galvão, J. C. C., Souza, C. M. D., Balbino, J. M. D. S., & Guarçoni, R. C. (2016). Qualitative attributes and postharvest conservation of green ears of maize grown on different cover crops in organic no-till system. Revista Ceres, v. 63, n. 4, p. 532-537, 2016.

Filho, I. A. P. O cultivo do milho verde. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA Milho e Sorgo. 2002, 1ª edição, 210p.

Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 1, p. 2837-2848, 2012. Suplemento 1.

Duarte, A. D. S.; Rolim, M. M.; Silva, Ê. F. D. F.; Pedrosa, E. M.; Albuquerque, F. D. S.; Magalhães, A. G. Changes in physical and chemical properties of soil after application of cassava wastewater. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n. 9, p. 938-946, 2013.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Brasília – DF: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro – RJ: Embrapa Solos, 2006, 412 p.

Ferreira, E. A.; Coletti, A. J.; Mendes, S. W. I. N. I. N. T. O. N.; Giovannetti, M. F. E. R. N. A. N. D. O.; Nogueira, A. A. M. A. N. D. A. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. Revista Caatinga, v. 27, n. 3, p.22-29, 2014.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system, Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Force, L. C.; Critchley, J.J.S. Van Rensen. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. Photosynthesis Research, n.78, p.17- 33, 2003. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article> >

Acesso em: 08 de setembro de 2017.

Fleck, N.G.; Junior, A.A.B.; Agostinetto, D.; Rizazardi, M. A. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. Ciência Rural, v. 33, n.4, p.635-640, 2003.

Freitas, M.S.C.; Araújo, C.S.; Silva, D.J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. Embrapa Semiárido- Artigo em periódico indexado, v.2, p.150-161, 2012.

Germer, J.; Addai, S.; Sauerborn, J. Response of grain sorghum to fertilisation with human urine. Field Crops Research, v. 122, n. 3, p. 234-241, 2011.

Gosling, N.W. A. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climate Change, v. 134, n. 3, p. 371-385, 2016.

Hayat, R.; Ali, S.; Amara, U.; Khalid, R.; Ahmed. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. Annals Microbiology, v. 60, n. 4, p. 579-598, 2010.

Jönsson, H.; Stinzing, A.R.; Vinnerås, B.; Salomon, E. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Productio. Eco SanRes Publication Series Report 2004-2, Stockholm Environment Institute, Sweden; 2004.

Leite, L. F. C.; Mendonça, E. S.; Neves, J. C. L.; Machado, P. L. O. A.; Galvão, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira Ciências do Solo, v. 27,n.5, 2003.

Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, v.148, n.1, p.350-382, 1987.

Mamede, A. M. G. N.; Chitarra, A. B.; Fonseca, M. J. O.; Antonio, G. S.; Pereira, I. A. F. Qualidade do milho doce minimamente processado conservado sob diferentes atmosferas. Engenharia na Agricultura, v. 22, n. 6, p. 520-534, 2014.

Martin, T. N.; Pavinato, P. S.; Silva, M. R.; Ortiz, S. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, Maringá (PR), 28 e 29 de abril de 2011. Anais... Maringá, 2011, p.173-219.

Pinho, L.; Paes, M.C.D.; Almeida, A.C.; Costa, C.A. Qualidade de milho verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 7, n. 3, p. 279-290, 2008.

Ramos, J.G.; Nascimento, M.T.C.C.; Guimarães, F.F.B.; Pereira, M. O.; Borges, V. E.; Araujo, N. C.; Santos, J. S. Quality of Yellow Bell Pepper Fruits Cultivated in Fertilized Soil with Yellow Water and Cassava Wastewater. Journal of Agricultural Science, v. 9, n. 10, p. 213-219, 2017.

Pacheco, S. Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenóides por cromatografia líquida. 2009, 106p, Dissertação (Mestrado) – Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

Pariz, C.M.; Andreotti, M.; Azenha, M.V.; Bergamaschine, A. F.; Mello, L.M.M.; Lima, R.C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. *Ciência Rural*, v.41, n.5, p.875-882, 2011.

Pandey, V.; Dixit, V.; Shyam, R. Efeito de cromo na geração de ROS e desintoxicação em cloroplastos de folhas de ervilha (*Pisum sativum*). *Protoplasma*, v. 236, n. 1-4, p. 85-95, 2010.

Pereira, B. F. F.; He, Z. L.; Silva, M. S.; Herpin, U.; Nogueira, S. F.; Montes, C. R.; Melfi, A. J. Reclaimed wastewater: Impact on soil-plant system under tropical conditions. *Journal of Hazardous Materials*, v. 192, n. 1, p. 54-61, 2011.

Queiroz, A. M.; Souza, C. H. E.; Machado, V. J.; Lana, R. M. Q.; Korndorfer, G. H.; Silva, A. D. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2012.

Rubio-Covarrubias, O. A.; Brown, P.; Weinbaum, S. A.; Johnson, R. S.; Cabrera, R. I. Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in *Prunus persica* trees. *Scientia Horticulturae*, v. 120, n. 1, p. 27-33, 2009.

Souto, A. G. L.; Cavalcante, L. F.; Nascimento, J. A. M.; Mesquita, F. O.; Lima Neto, A. J. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, v. 18, n. 3, p. 442-453, 2013.

Smeal, D.; Zhang, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.25, p.1495-1503, 1994.

Taiz, L. ; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*, 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

USDA - United States Department of Agriculture. Grain: World Markets and Trade. Disponível em: <<http://www.usda.gov/>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2017.

CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES ACERCA DO USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE FECULARIA (MANIPUERIA) E MICTÓRIOS (URINA HUMANA) NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES

O reúso agrícola de águas residuárias, vêm se mostrando como uma nova forma de mitigar o uso de águas de boa qualidade na produção agrícola. Ao mesmo tempo em que se trabalha com águas de qualidade inferior, elas afetam positivamente a conservação dos recursos hídricos, bem como potencializa o uso desses efluentes, uma vez que estes apresentam altas concentrações de macronutrientes e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas. No caso das águas amarelas, elas possuem altas concentrações de nitrogênio, na forma de ureia, já a manipueira possui grandes concentrações de potássio, que são macronutrientes primários essenciais para as atividades metabólicas, fisiológicas que promovem o crescimento e produção das culturas.

- A água amarela e a manipueira, após serem submetidas ao processo de tratamento por digestão aeróbica podem ser utilizadas como fonte de nutrientes no cultivo do milho híbrido AG1051 em ambiente protegido;
- A aplicação da água amarela e da manipueira tratada via fertirrigação promove incremento nas variáveis fisiológicas, crescimento e produção em relação à adubação de fundação;
- A utilização de água amarela e manipueira como fonte alternativa de nutrientes ficam condicionadas a uma recomendação de adubação;
- Mais estudos devem ser realizados a fim de comprovar a eficiência do uso de urina humana e manipueira tratadas no cultivo de outras culturas;
- Pesquisas e incentivos tanto estruturais quanto financeiros, devem ser fomentados para que possa disseminar a excelência do reúso agrícola de águas residuárias, principalmente em comunidades rurais, onde o acesso a fertilizantes é restrito, sendo a manipueira e, principalmente, a urina humana fonte de nutriente de fácil acesso e baixo custo de obtenção.