



**Universidade Federal de Campina Grande
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**



TESE DE DOUTORADO

Área de Concentração em Irrigação e Drenagem

NARCÍSIO CABRAL DE ARAÚJO

Cultivo de milho e feijão vigna fertirrigados com águas amarelas e manipueira

Campina Grande - PB

2017

NARCÍSIO CABRAL DE ARAÚJO

Eng. Sanitarista e Ambiental

Cultivo de milho e feijão vigna fertirrigados com águas amarelas e manipueira

Tese de Doutorado apresentado à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de Irrigação e Drenagem.

Orientação: Prof^ª. Dr^ª. Vera Lucia Antunes de Lima

Prof. Dr. Suenildo Josémo Costa Oliveira

Campina Grande - PB

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A663c Araújo, Narcísio Cabral de.

Cultivo de milho e feijão vigna fertirrigados com águas amarelas e manipueira / Narcísio Cabral de Araújo.– Campina Grande, 2017.
91 f. il.: color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima, Prof. Dr. Suenildo Josémo Costa Oliveira".

Referências.

1. *Zea Mays* L.. 2. *Vigna Unguiculata* (L) Walp 3. Urina Humana. 4. Reúso Agrícola de Resíduos. I. Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Oliveira, Suenildo Josémo Costa. III. Título.

CDU 633.15'35:626.81(043)

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

NARCÍSIO CABRAL DE ARAÚJO

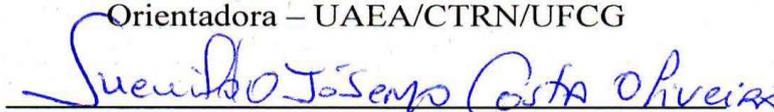
**CULTIVO DE MILHO E FEIJÃO VIGNA FERTIRRIGADOS COM ÁGUAS
AMARELAS E MANIPUEIRA**

APROVADA: 18 de maio de 2017

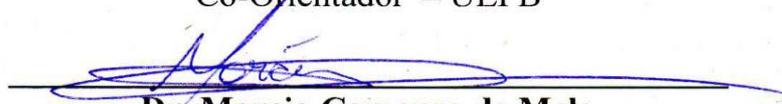
BANCA EXAMINADORA



Dr. Vera Lucia Antunes de Lima
Orientadora – UAEEA/CTRN/UFCG



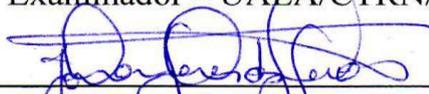
Dr. Suenildo Josémo Costa Oliveira
Co-Orientador – UEPB



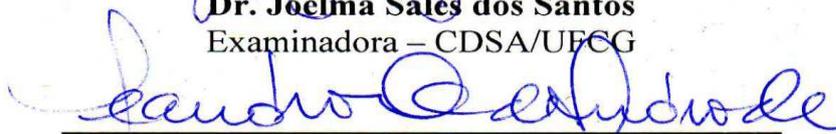
Dr. Marcio Camargo de Melo
Examinador – UAEEA/CTRN/UFCG



Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador – UAEEA/CTRN/UFCG



Dr. Joelma Sales dos Santos
Examinadora – CDSA/UFCG



Dr. Leandro Oliveira de Andrade
Examinador – UEPB

A minha mãe Rosa Maria Cabral de Araújo (In memorian).
Minha Homenagem

A meus pais, Francisco de A. Soares de Araújo e Rosa Maria Cabral de Araújo (In memorian)
A meus irmãos, Rosilene, Petrônio, Elizabete, Francisco e Rafaela.
Ofereço

A minha esposa Alane Ramos F. Araújo e a meus filhos Kersia Ramos F. Araújo e Kepler Ramos Araújo.
Dedico

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a DEUS pelo dom da vida, por todas as forças para ultrapassar as barreiras, pela saúde, oportunidades concedidas, coragem para seguir em frente e por estar sempre me abençoando em todos os momentos da vida. Muito obrigado Senhor, por não desistir de mim;

A minha orientadora e amiga, Professora Dr^a. Vera Lucia Antunes de Lima por ter aceitado a ideia de trabalharmos com uso agrícola de urina humana e manipueira, pelo seu compromisso e conhecimento transmitido durante a execução desta pesquisa, bem como pelos encorajamentos, incentivos e apoio as demais conquistas em especial à aprovação no concurso público para professor da Universidade Federal do Cariri (UFCA);

Ao meu amigo e co-orientador, professor Dr. Suenildo Jósemo Costa Oliveira por sempre estar me auxiliando na minha carreira profissional, em especial aos incentivos para fazer as Pós-Graduações à nível de Mestrado e Doutorado, bem como pelas oportunidades de nestes últimos 8 anos trabalharmos juntos em pesquisas;

Ao meu amigo professor Arão de Azevedo do Departamento de Comunicação Social da UEPB por ter acreditado em mim, apoiado e incentivado a fazer os cursos de graduação e as Pós-Graduações à nível de Mestrado e Doutorado;

Ao meu amigo e Técnico do Laboratório de Saneamento, Francisco de Assis Bandeira, por ter me ajudado a conseguir auxílio em outros laboratórios para desenvolver atividades da pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

Aos amigos Elysson Marcks, Geovani Soares, João Batista, José Alberto, Leandro Fabrício e Jailton Garcia, por todo empenho e dedicação durante a execução desta pesquisa;

Ao meu amigo e Técnico do Laboratório de Saneamento, Francisco de Assis Bandeira, por ter me ajudado a conseguir o laboratório de Saneamento para eu fazer as análises físico-químicas dos efluentes e tecidos vegetal dos experimentos;

Ao pessoal que se dedicaram com a coleta da urina utilizada nos experimentos;

Aos examinadores Prof. Dr. Marcio Camargo de Melo, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, Prof. Dr. Leandro Oliveira de Andrade e a Prof^a. Dr^a. Joelma Sales dos Santos, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho;

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista. Muito Obrigado.

Sumário

Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
CAPÍTULO I – Contextualização da Pesquisa.....	14
1 Introdução Geral.....	14
2 Objetivos.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 Revisão da Literatura.....	17
3.1 Águas residuárias.....	17
3.2 Saneamento ecológico.....	17
3.3 Urina humana.....	18
3.4 Manipueira.....	23
3.5 Fertirrigação.....	25
3.6 A cultura do feijão vigna.....	26
3.6.1 Cultivar BRS Marataoã.....	27
3.7 A cultura do milho.....	27
3.7.1 Cultivar de milho Potiguar.....	28
4 Referências Bibliográficas.....	29
CAPITULO II - Teores de macronutrientes e crescimento do feijão vigna ‘Marataoã’ fertirrigado com água amarela e manipueira.....	37
Resumo.....	37
Abstract.....	37
1 Introdução.....	38
2 Material e Métodos.....	39
3 Resultados e Discussão.....	43
4 Conclusões.....	47
5 Referências Bibliográficas.....	48
CAPÍTULO III - Produção do feijão vigna ‘Marataoã’ fertirrigado com água amarela, manipueira e adubo organomineral.....	52
Resumo.....	52
Abstract.....	52
1 Introdução.....	53
2 Material e Métodos.....	53
3 Resultados e Discussão.....	57
4 Conclusões.....	59
5 Referências Bibliográficas.....	60

CAPÍTULO IV - Teores de NPK e S e crescimento do milho ‘Potiguar’ fertirrigado com água amarela e manipueira.....	63
Resumo.....	63
Abstract.....	63
1 Introdução.....	64
2 Material e Métodos.....	65
3 Resultados e Discussão.....	69
4 Conclusões.....	74
5 Referências Bibliográficas.....	75
CAPÍTULO V - Produção de milho ‘Potiguar’ fertirrigado com água amarela e manipueira.....	78
Resumo.....	78
Abstract.....	78
1 Introdução.....	79
2 Material e Métodos.....	80
3 Resultados e Discussão.....	83
4 Conclusões.....	88
5 Referências Bibliográficas.....	88

Lista de Tabelas

CAPÍTULO I		Pag.
Tabela 1:	Patógenos que podem ser excretados na urina e sua importância como meio de transmissão.....	19
Tabela 2:	Tratamento da urina e técnicas utilizadas.....	20
Tabela 3:	Normas suecas com recomendações de tempo de armazenamento da urina e cultivos recomendados para sistemas de grande porte.....	21
CAPÍTULO II		
Tabela 1:	Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.....	41
Tabela 2:	Resumo da análise de variância e médias dos teores de N (g kg^{-1}), P (g kg^{-1}), K (g kg^{-1}) e S (mg kg^{-1}) na parte aérea do feijão vigna fertirrigado com urina humana e manipueira.....	43
Tabela 3:	Resumo da análise de variância e das médias para o número de folhas por planta (NF, folhas planta ⁻¹), altura de planta (AP, cm), diâmetro caulinar (DC, mm), área foliar (AF, cm ²), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA, g planta ⁻¹) do feijão vigna fertirrigado com urina humana e manipueira.....	45
CAPÍTULO III		
Tabela 1:	Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.....	55
Tabela 2:	Resumo da análise de variância e médias do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (CV, cm), massa seca de 100 grãos (M100g, g), massa seca da parte aérea (MSPA, g planta ⁻¹), massa seca das raízes (MSR, g planta ⁻¹) e índice de colheita (IC, %) do feijão vigna em função das fertirrigações.....	57
CAPÍTULO IV		
Tabela 1:	Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.....	67
Tabela 2:	Resumo da análise de variância, médias e faixa de referência para os teores foliares de nutrientes considerada adequadas e médias dos teores de N, P, K e S nas folhas de milho em função das fertirrigações com urina humana, manipueira e fertilizantes minerais.....	69

Tabela 3:	Resumo da análise de variância e médias para o número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) do milho fertirrigado com urina humana e manipueira.....	72
Tabela 4:	Resumo da análise de variância e médias para a massa fresca das folhas e do caule (MFF e MFC), massas seca das folhas e do caule (MSF e MSC), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) de milho fertirrigado com urina humana e manipueira.....	73

CAPÍTULO V

Tabela 1:	Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.....	82
Tabela 2:	Resumo da análise de variância e médias do comprimento da espiga (CE_d , cm), diâmetro da espiga (DE, mm), número de grão por espiga (NGE), número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) e número de grãos por fileira (NGF) de milho fertirrigado com urina humana e manipueira.....	84
Tabela 3:	Resumo da análise de variância e médias da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da espiga com e sem palha (MSE_p e MSE_d), massa seca dos grãos (MSG) e massa seca de 100 grãos (M100g) de milho fertirrigado com urina humana e manipueira.....	86

Lista de Figuras

	Pag.
CAPÍTULO II	
Figura 1: Experimento com a cultivar do feijão Marataoã aos 36 DAS.....	42
CAPÍTULO III	
Figura 1: Experimento com o feijão vigna cultivar Marataoã aos 60 (1A) e 90 (1B) dias após a semeadura (DAS).....	56
CAPÍTULO IV	
Figura 1: Experimento com a cultivar de milho Potiguar aos 50 DAS, na ocasião em que foram realizadas as avaliações de crescimento.....	68
CAPÍTULO V	
Figura 1: Experimento com a cultivar de milho Potiguar aos 110 DAE, na ocasião em que foram coletadas as espigas e as plantas.....	82

ARAÚJO, N. C. **Cultivo de milho e feijão vigna fertirrigados com águas amarelas e manipueira**. 2017. 91 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

Resumo

Fertirrigação é a técnica de aplicação de adubos via água de irrigação nos cultivos agrícolas. Esta técnica pode ser adequada para aplicação de produtos alternativos, como águas amarelas e manipueira, em cultivares de milho e feijoeiro. Neste contexto, a pesquisa teve, como objetivo, avaliar os teores de nutrientes, crescimento e a produção de milho (*Zea mays* L.) e feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) cultivar ‘marataoã’ fertirrigados com urina humana associada à manipueira. Foram realizados dois experimentos em uma casa de vegetação instalada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. No primeiro experimento avaliaram-se os efeitos das fertirrigações com águas amarelas, manipueira e NPK com a cultivar de feijão vigna Marataoã. Foram aplicados cinco tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado - DIC. Os tratamentos consistiram de fertirrigações com NPK (testemunha), urina humana, manipueira, urina humana mais manipueira e urina humana mais manipueira mais fósforo. Foram avaliados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre na parte aérea do feijão; as variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar, massas fresca e seca da parte aérea), além de produção (número de vagens por planta, comprimento médio de vagem, número de grãos por vagem, massa seca de 100 grãos). O segundo experimento estudou-se as fertirrigações com águas amarelas, manipueira e NPK com a cultivar de milho ‘Potiguar’. Foram estudados oito tratamentos caracterizados por cultivo sem a aplicação de fertilizantes (testemunha); fertirrigações com NPK, urina humana, manipueira, urina humana mais manipueira, urina humana mais PK, manipueira mais NP e urina humana mais manipueira mais P. Foram analisados os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre e avaliadas as variáveis de crescimento (altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca das folhas e caule), além de produção (comprimento e diâmetro de espiga despalhada, número de filas de grãos por espiga, número de grãos por espiga, massa seca das espigas com palhas e despalhadas). Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey à nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos que continham os efluentes influenciaram positivamente os teores de macronutrientes, as variáveis de crescimento e produção do milho e do feijão vigna. As médias dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio apresentaram valores superiores aos adequados para as culturas do milho e feijão vigna. A urina humana e a manipueira aplicadas via fertirrigação, apresentam potencialidade para suprir as demandas dos principais macronutrientes requeridos pela cultura do milho e do feijão vigna podendo substituir a adubação mineral nitrogenada e potássica, respectivamente, requeridas pelas culturas estudadas, reduzindo os custos de produção relativos à aquisição de fertilizantes comerciais.

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., urina humana, reúso agrícola de resíduos.

ARAÚJO, N. C. **Cultivation of maize and beans vigna fertigated with yellow water and cassava wastewater.** 2017. 91 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

Abstract

Fertigation is the technique of application of fertilizers via irrigation water in agricultural crops. This technique may be suitable for the application of alternative products, such as yellow water and cassava wastewater, in corn and bean cultivars. In this context, the objective of this research was to evaluate nutrient, growth and maize (*Zea mays* L.) and vigna bean (*Vigna unguiculata* (L.) cultivars 'marataoã' fertirrigados with human urine associated with the cassava wastewater. Two experiments were carried out in a greenhouse located at Campina I, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, PB. The first experiment evaluated the effects of the fertirrigations with yellow water, cassava wastewater and NPK with the vata Marataoã bean cultivar. Five treatments were applied in a completely randomized design - DIC. Treatments consisted of fertirrigations with NPK (control), human urine, cassava wastewater, more cassava wastewater human urine and more cassava wastewater human urine plus phosphorus. The levels of nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur in the aerial part of the bean were evaluated; (Plant height, leaf diameter, leaf number, leaf area, fresh and dry shoot mass), as well as yield (number of pods per plant, mean pod length, number of grains per pod, mass Dry of 100 grains). The second experiment was the fertirrigations with yellow water, cassava wastewater and NPK with 'Potiguar' corn cultivar. Eight treatments characterized by cultivation without the application of fertilizers (control) were studied; (PK), cassava wastewater plus NP and more cassava wastewater human urine plus P. The leaf nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur contents were analyzed and the growth variables (Plant height, leaf diameter, number of leaves, leaf area, fresh and dry mass of the leaves and stem), as well as yield (length and diameter of shrub spike, number of grain rows per spike, number of grains per spike, mass Dry stalks with straws and debris). The data of the studied variables were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at the 5% probability level. The treatments that contained the effluents positively influenced the macronutrient contents, the growth and production variables of maize and vigna beans. The mean values of nitrogen, phosphorus and potassium were higher than those for maize and vigna beans. The human urine and cassava wastewater applied by fertirrigation have the potential to meet the demands of the main macronutrients required by maize and vigna beans, which can substitute the nitrogen and potassium fertilization, respectively, required by the crops studied, reducing relative production costs Purchase of commercial fertilizers.

Key words: *Zea mays* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., human urine, agricultural reuse of waste.

CAPÍTULO I – Contextualização da Pesquisa

1 Introdução Geral

As atividades antrópicas produzem resíduos, principalmente nos seus estados sólidos ou líquidos que, se dispostos de forma inadequada, podem causar impactos negativos sobre os recursos ambientais. Para minimizar os problemas ambientais busca-se desenvolver tecnologias sustentáveis que possam dar uma destinação sustentável a esses resíduos ou subprodutos obtidos a partir do seu tratamento.

Uma alternativa visando a destinação final sustentável aos resíduos sólidos orgânicos biodegradáveis e as águas residuárias domésticas ou agroindustriais tratadas, é o uso ou reúso agrícola, pois tais resíduos ou subprodutos geralmente apresentam elevados teores de carbono, compostos orgânicos e nutrientes que, segundo Abreu Júnior *et al.* (2005), quando adicionados ao solo podem causar melhorias nas suas propriedades físicas e químicas e, conseqüentemente, incrementos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como redução nos custos de produção. A utilização de resíduos como fertilizantes na atividade agrícola pode trazer benefícios ao desenvolvimento da cultura (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Dentre as águas residuárias apresentam potencialidade para uso agrícola se destacam as águas amarelas e a manipueira. Águas amarelas é a classificação dada à urina humana e suas diluições realizadas através da água utilizada nos aparelhos sanitários para o transporte desta excreta. Segundo Karak e Bhattacharyya (2011) as águas amarelas apresentam rica fonte de nutrientes que vêm sendo utilizados na agricultura desde tempos antigos, porém em termos de pesquisas científicas poucas foram desenvolvidos.

No Brasil, os estudos com essas águas tiveram início em 2007, através de trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2007), que avaliaram o desenvolvimento inicial da *Helicônia bihai* em casa de vegetação e substrato inerte fertirrigado com diferentes níveis de diluição de urina humana, Rios (2008) que avaliaram o uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutrientes no cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*); Costanzi *et al.* (2010) que testaram o uso da urina no cultivo da gramínea *Zoysia japônica*; Batista (2011) que utilizou a urina humana como fonte de nitrogênio para as forragens *branchiária decumbens* e *Cynodon dactylon*; Araújo *et al.* (2015a), que estudaram as componentes de cultivo da forragem verde hidropônica (FVH) de milho (*Zea mays* L.) fertilizado com diferentes concentrações de urina

humana como fonte de nutrientes; Santos Júnior *et al.*, (2015) avaliaram os parâmetros de produção de grãos e fitomassa de milho fertirrigado com urina diluída em efluente doméstico; Santos *et al.* (2016), que analisaram o acúmulo de nutrientes e o desenvolvimento da grama Bermuda fertilizada com doses crescentes de urina humana e Botto *et al.* (2017) que avaliou a produção da mamona, cultivar BRS nordestina fertilizada com urina humana. Em todas essas pesquisas os autores observaram efeitos positivos dos tratamentos com aplicações da urina humana nas variáveis das culturas avaliadas indicando que o efluente apresentou grande potencialidade para ser reciclado em cultivos agrícolas.

A manipueira é um efluente líquido gerado nas agroindústrias de beneficiamento de raízes de mandioca para obtenção de farinha ou fécula, apresentando aspecto leitoso com coloração amarela e forte odor fétido característico. Segundo Conceição *et al.* (2013) a manipueira é rica em macro e micronutrientes que possível de ser utilizada como potencial fertilizante nos cultivos agrícolas. Tendo em vista a facilidade para a obtenção e o baixo custo da manipueira, a sua utilização como fertilizante pode ser uma alternativa de substituição dos adubos químicos industrializados (SANTOS *et al.*, 2010). Nos últimos cinco anos diversas pesquisas analisando o potencial fertilizante na manipueira em culturas agrícolas foram publicadas (BARRETO *et al.*, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2015b; DANTAS *et al.*, 2015; LEAL, 2015; PESSUTI *et al.*, 2015 e DANTAS *et al.*, 2017) que também constataram que o efluente apresenta potencial fertilizante para ser reciclado em cultivos agrícolas.

De acordo com o exposto, diversas pesquisas já foram realizadas avaliando o uso agrícola de águas amarelas e da manipueira, porém ainda são escassos os estudos desenvolvidos com reciclagem agrícola de águas amarelas associadas a outros resíduos. Neste contexto Araújo (2014) concluiu, ao avaliar os teores de nutrientes e a produção da forragem verde hidropônica de milho (*Zea mays* L.) fertilizado com diferentes concentrações de urina humana e urina humana associada à manipueira, que os melhores resultados das variáveis estudadas foram obtidos através das fertilizações com os tratamentos que consistiram de concentrações de urina humana associada à manipueira e recomendou o desenvolvimento de pesquisas com outras culturas fertirrigadas com a associação desses efluentes.

O uso de águas amarelas associada à manipueira aplicadas via fertirrigação parece, portanto, se constituir de uma alternativa viável para o crescimento e produção do milho (*Zea mays* L.) e feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

2 Objetivos

2.1 Geral

Avaliar o crescimento, nutrição e a produção de milho e feijão vigna fertirrigados com águas amarelas, manipueira e esses efluentes associados a fertilizantes minerais (NPK).

2.2 Específicos:

- Avaliar as variáveis de crescimento e a produção do feijão vigna ‘Marataoã’ e do milho ‘Potiguar’ fertirrigados com água amarela e manipueira;
- Avaliar os teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) na parte aérea do feijão vigna ‘Marataoã’ e nas folhas do milho ‘Potiguar’ fertirrigados com águas amarelas e manipueira;
- Identificar os tratamentos que proporcionaram os acúmulos de N, P e K em quantidades consideradas adequadas para o crescimento e a produção do feijão ‘Marataoã’ e milho ‘Potiguar’.

3 Revisão da Literatura

3.1 Águas residuárias

As águas residuárias podem ser de origem doméstica (esgotos gerados nas residências e edifícios), industrial (esgotos gerados em indústrias) e mista (esgoto doméstico mais industrial, doméstico mais águas pluviais ou esgoto doméstico mais industrial e águas pluviais).

Buscando alcançar uma gestão eficaz no reúso das águas residuárias domésticas, costuma-se fracionar essas águas em três tipos: Negras, Amarelas e Cinzas. Águas negras são aquelas geradas nos vasos sanitários contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina tendo, em sua composição, grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico (GONÇALVES *et al.*, 2006). As águas cinzas são as provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça (FIORI *et al.*, 2006). Denominam-se águas amarelas as águas residuárias geradas em mictórios ou em vasos sanitários com compartimentos separadores para coleta de urina (COSTANZI *et al.*, 2010).

3.2 Saneamento ecológico

Os sistemas convencionais de esgotamento sanitário baseiam-se na coleta e transporte das águas residuárias para uma estação de tratamento centralizada. Após o tratamento é dada uma destinação final dos efluentes, que geralmente consistem no lançamento em um corpo receptor.

Estes sistemas se caracterizam por trabalharem em ciclos abertos, desperdiçando tanto a água quanto os nutrientes que encontram-se presentes nos efluentes (SILVA *et al.*, 2007). São de elevados custos de construção, operação, manutenção e promovem a mistura de vários tipos de efluentes, dificultando seu tratamento e, frequentemente, inviabilizando o reúso, criando um fluxo linear de matérias e nutrientes que quando lançados em corpos receptores podem comprometer sua qualidade ou os demais recursos ambientais. Diante dessas desvantagens se faz importante o estudo de caminhos alternativos aos sistemas convencionais de esgotamento sanitário que possuam tratamento e reúso *in loco* através da segregação dos

vários tipos de efluente e descentralização dos sistemas de tratamento (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

A partir da concepção de sustentabilidade surge o conceito de saneamento ecológico ou ecossaneamento onde se aplica a racionalização do consumo de água e a segregação dos efluentes para viabilizar o seu reúso próximo às fontes geradoras (SILVA *et al.*, 2007).

De acordo com ecossaneamento os sistemas de esgotamento sanitários devem ser descentralizados, capaz de proporcionar a separação, tratamento e reúso agrícola *in loco* dos efluentes, eliminando a etapa de transporte que, na maioria das vezes, onera e inviabiliza o reúso. É uma alternativa aos sistemas de tratamento de esgoto convencionais com sustentabilidade econômica baseado na ciclagem de matérias (ZANCHETA, 2007). O ecossaneamento tem emergido como uma importante área potencial que reconhece excrementos humanos, urina, águas negras e cinzas utilizadas nas residências como um recurso e não como um desperdício (GOLDER *et al.*, 2007).

Werner *et al.* (2009), Jönsson (2004) e Esrey (2001) afirmam que as principais características do ecossaneamento 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 dos recursos naturais; contribuição à preservação da fertilidade dos solos; valorização das excretas humanas utilizadas na produção de alimentos; geração de emprego e renda criando oportunidades de trabalho agrícola e aumento da segurança alimentar.

Portanto, o saneamento ecológico se fundamenta nos caminhos naturais do ecossistema e no ciclo fecha da matéria que diferentemente dos sistemas convencionais pode ser entendido como uma alternativa econômica e sustentável a ser adotada para dar uma destinação final às águas residuárias tratadas.

3.3 Urina humana

A urina humana é um produto líquido eliminado pelo corpo humano, secretado pelos rins por um processo de filtração do sangue chamado diálise e excretado através da uretra (micção) (KARAK & BHATTACHARYYA, 2011). A quantidade de urina eliminada pelo organismo humano varia muito de indivíduo para outro, em função da idade, dos hábitos alimentares e das atividades desenvolvidas (SOUSA *et al.*, 2008). Nos esgotos sanitários o

volume de urina corresponde a menos de 1% do total (LARSEN *et al.*, 2001; SCHÖNNING, 2001; VINNERÄS *et al.*, 2006).

De acordo com Lind *et al.* (2001) a urina humana é uma solução aquosa contendo cloreto de sódio, ureia, potássio, cálcio, sulfato e fósforo disponíveis como ortofosfatos. A urina humana é uma das fontes de maior excelência e de alta qualidade de nitrogênio, fósforo, potássio e elementos traço para as plantas, liberados de forma que é adequada para a assimilação (ROBINSON, 2014).

Das excretas humana a urina contém cerca de 90% do nitrogênio, 50 - 65% do fósforo e 50 - 80% do potássio (HEINONEN-TANSKI & van WIJK-SIJESMA, 2005). Cerca de 80% do nitrogênio total da urina estão na forma de ureia e o restante na forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. Diariamente a excreção de ureia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e ureia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEN & HAHN, 1998). Kirchmann e Pettersson (1994) identificaram não apenas os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio) mas os micronutrientes (boro, cobre, ferro, cloreto, manganês, molibdênio e zinco) presentes na urina humana.

Quanto aos microrganismos na urina, Schönning (2001) corrobora que em um 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, em geral, concentração <10.000 bactérias/mL (TORTORA *et al.*, 1992 citado por SCHÖNNING, 2001).

A Tabela 1 apresenta os principais microrganismos causadores de doenças que podem ser excretados pela urina humana e a importância da urina como meio de transmissão.

Tabela 1: Patógenos que podem ser excretados na urina e sua importância 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 a água doce é disponível
Mycobacteria	Incomum, normalmente transportado pelo ar	Baixo
Vírus: citomegalovirus (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 e Stenström (2004).

Wilsenach e van Loosdrecht (2003) afirmam que a separação da urina humana na fonte contribui para a sustentabilidade e gestão de águas residuais, pois retém cerca de 80% da carga total do nitrogênio no efluente, melhorando significativamente sua qualidade e, conseqüentemente, reduzindo gastos com energia elétrica e custos com investimento nas estações de tratamento de águas residuais. Segundo Larsen *et al.* (2007) a separação da urina na fonte tem potencial para se tornar parte integrante do tratamento convencional de esgoto, tornando necessário remover altas taxas de nutrientes.

A principal diferença entre um sistema de separação de urina e outros sistemas de saneamento é que o vaso sanitário separador de urina possui duas saídas e dois sistemas de coleta; um para a urina e o outro para as fezes com a finalidade de manter as frações da excreta separadas (KVARNSTRÖM *et al.*, 2006). Além dos vasos com dois sistemas de coletores das excretas humana, existem os mictórios, que podem ser de uso coletivo, ou individual - masculino ou feminino.

As publicações mostram que desde a década de 80 até os dias atuais, a complexidade da urina humana, constituída por vários compostos, elementos químicos e microrganismos, vem despertando o interesse dos pesquisadores para seu tratamento e aproveitamento. Objetivando a utilização da urina, diversas técnicas de tratamento estão sendo desenvolvidas. A Tabela 2 apresenta o resumo dos principais tipos de tratamento dados à urina e as respectivas técnicas que vêm sendo desenvolvidas.

Tabela 2: Tratamento da urina e técnicas utilizadas.

Tipos de Tratamento	Técnicas Utilizadas
Higienização	Armazenamento
Redução do Volume	Evaporação; Congelamento/descongelamento e Osmose Reversa
Estabilização	Acidificação; Microfiltração e Nitrificação
Recuperação de Fósforo	Estruvita
Recuperação de Nitrogênio	Troca iônica; estruvita; remoção de NH ₃ e Isobutylaldehydediurea
Remoção de Nutrientes	Anammox
Remoção de Micropoluentes	Eletrodialise; Nanofiltração e Ozonização

Fonte: Adaptada de Maurer *et al.* (2006).

A elevada carga de nutrientes e o baixo teor de patógenos e metais, tornam a separação e o aproveitamento da urina uma alternativa promissora para sua utilização como fertilizante (COHIM *et al.*, 2008). De acordo com os autores, como a urina apresenta carga patogênica reduzida sua utilização em sistemas de pequeno porte não exige um tratamento avançado porém para o reúso em grande escala é imprescindível que haja alguma forma de tratamento sendo o mais utilizado o armazenamento.

Visando à prevenção de contaminação biológica provocada pelo uso de urina contaminada por fezes, coletada em sistema de dupla separação, a Suécia estabeleceu diretrizes para higienização da urina, através do armazenamento. A Tabela 3 apresenta as diretrizes suecas para o tempo de armazenamento da urina, baseadas em conteúdo de patógenos estimados e cultivos recomendados para sistemas de grande porte.

Tabela 3: 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
20	≥ 6 meses	Provavelmente nenhum	Todos os cultivos

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

Fonte: Adaptada de Schönning e Stenström (2004).

Armazenar urina sem diluição por um mês renderá uma urina segura para o uso na agricultura, visto que, segundo Esrey *et al.* (1998) cria condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e impede a disseminação de mosquitos. Os principais riscos de transmissão de doenças pelo manejo e uso da urina humana estão relacionados com a contaminação fecal cruzada da urina e não com a própria urina (SCHÖNNING & STENSTRÖM, 2004).

A separação de urina pode proporcionar um fertilizante higiênico "gratuito", possível de ser utilizado na agricultura (KVARNSTRÖM *et al.*, 2006). Urina é um recurso valioso de nutrientes utilizado desde tempos antigos para aumentar o crescimento de plantas e hortaliças, em particular (JÖNSSON *et al.*, 2004).

Segundo Jönsson *et al.* (2004) há falta de conhecimento atual com relação ao uso de urina e fezes como fertilizantes; além da falta de pesquisas documentadas na área dificulta o desenvolvimento de orientações delineadas para aplicação desses resíduos na agricultura. Segundo Karak e Bhattacharyya (2011) os primeiros pesquisadores que utilizarem urina humana como fertilizantes em experimento científicos foram Kirchmann e Pettersson (1994).

É preciso perceber que, embora ainda existam empecilhos tais como substituição de aparelhos sanitários e adequação das instalações intradomiciliares, além de muitos estudos a serem realizados, a reciclagem de nutrientes da urina para fins agrícolas é boa alternativa para

solucionar o problema da escassez de rochas ricas em fosfatos que, futuramente, pode afetar a fabricação de fertilizantes e na produção de alimentos (LOURO *et al.*, 2012). De acordo com Driver *et al.* (1999) as reservas de rochas ricas em fosfato são limitadas e seu ciclo de reposição pela natureza é extremamente lento.

Resultados publicados de pesquisas científica disponível nos websites com aplicação de urina humana no cultivo agrícola, podem comprovar o potencial fertilizador do efluente: Pradhan *et al.* (2007), avaliaram crescimento, produção e qualidade de repolho fertilizado com urina humana em comparação a fertilizantes industrializados, observaram que os melhores resultados de crescimento e a produção foram obtidos através das fertilizações com urina humana; Rios (2008) avaliou o uso diferentes concentrações de urina humana como solução nutritiva em comparação a solução nutritiva convencional (FURLANI,1999) no cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*), resultou que o crescimento, teores de nutrientes e a produção da alface fertirrigada com urina humana não diferenciou estatisticamente do tratamento controle (solução nutritiva convencional); Batista (2011) avaliou a produtividade da forragem *branchiária decumbens* e *Cynodon dactylon* fertirrigada com urina humana e ureia (testemunha) como fonte de N, não encontrando diferença estatística significativa entre tratamentos e concluiu que a urina humana proporcionou os mesmos ganhos de produtividade da testemunha; Araújo *et al.* (2015), estudaram as componentes de cultivo da forragem verde hidropônica (FVH) de milho (*Zea mays* L.) fertilizado com diferentes concentrações de urina humana como solução nutritiva e constataram acúmulo de nutrientes na parte aérea da forragem; Santos Júnior *et al.* (2015) que analisaram a viabilidade do aproveitamento da urina humana diluída em efluente doméstico na irrigação de plantas de milho cultivadas em três solos (Luvissolo, Neossolo e Planossolo), obtiveram que a adição de 4,5% de urina humana no efluente doméstico aplicado via irrigação em plantas de milho cultivadas em Luvissolo crômico, proporciona resultados de massa de grãos e eficiência do uso da água semelhante ao observado em plantas com fertilização mineral recomendada e irrigadas com água de abastecimento; Santos *et al.* (2016), que analisaram o acúmulo de nutrientes e o desenvolvimento da grama Bermuda fertilizada com doses crescente de urina humana, concluíram que o uso da urina humana diluída promoveu bom desenvolvimento e acúmulo adequado de nutrientes no tecido das plantas; e Botto *et al.* (2017) ao avaliaram o crescimento, produção e teores de óleos mamona, cultivar BRS nordestina fertilizada com urina humana em substituição a adubação mineral resultaram que não houve diferença

significativa entre tratamentos para as variáveis de crescimento, peso de mil grãos e teores de óleo nas sementes indicando que a adubação química poderia ser substituída pela urina.

3.4 Manipueira

A manipueira é um líquido de aspecto leitoso, de cor amarelo-clara, oriunda das raízes da mandioca por ocasião da prensagem após a ralação, para obter a fécula ou farinha que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como miscelânea de compostos (goma, açúcares, proteínas, linamarina, derivados cianogênicos, substâncias e sais minerais diversos) (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

O sistema produtivo da cadeia da mandioca se apresenta de modo diversificado no Brasil, em vista dos fatores culturais e econômicos, podendo ser classificado basicamente em três tipos: unidade doméstica, unidade familiar e unidade empresarial (BRINGHENTE & CABELLO, 2005). A indústria de mandioca no Brasil tornou-se conhecida em função da obtenção de produtos amiláceos, tradicionalmente conhecidos como casa de farinha e fecularia (CARDOSO, 2005).

No País, os principais tipos de processamento de mandioca são para a fabricação da farinha e a extração de amido (INOUE *et al.*, 2013). Em conformidade com Cereda (2001a), a utilização de raízes de mandioca na culinária caseira não gera resíduos significativos mas quando essa utilização é maior os subprodutos podem apresentar problemas em sua disposição final porém, quando esta utilização passa para o processo industrial, causa sérios problemas ambientais, até mesmo as pequenas unidades fabris, como as casas de farinha pelo costume de se reunirem em dado local ou município. A disposição no ambiente de resíduos gerados em diversas atividades domésticas, comerciais e industriais tem resultado em frequentes relatos de problemas de poluição ambiental (CAMILI & CABELLO, 2008).

As casas de farinha são unidades agroindustriais de beneficiamento de raízes de mandioca para a produção de farinha, geram uma grande quantidade de resíduos sólidos (cascas, cepas, crueiras, farelo) e líquidos (água de lavagem das raízes, instrumentos e máquinas utilizadas no processo e manipueira) (ARAÚJO *et al.*, 2012). Segundo Fioretto (2001), uma tonelada de raiz de mandioca pode conter, em média, 600 litros de manipueira ocorrendo na operação de prensagem e durante os processos de fabricação de farinha, que 20 a 30% do líquido são eliminados. Em conformidade com o autor, uma tonelada de raiz de mandioca corresponde a uma poluição de 200 - 300 habitantes/dia, pois quando a manipueira

é lançada em corpos d'água apresenta dupla ação poluidora resultante da elevada concentração de DBO (30.000 mg L⁻¹) e íon cianeto associado à linamarina.

Além do aspecto da agressão ao meio ambiente deve-se considerar, também, que o despejo indevido dos subprodutos de mandioca constitui em desperdício de rendimento para o produtor, quando se consideram as quantidades geradas e a composição dos subprodutos (CEREDA, 2001b).

A manipueira é rica em macro e micronutrientes como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e pode ser utilizada como fertilizante potencial (CONCEIÇÃO *et al.*, 2013).

O resíduo de manipueira, por exemplo, pode ser aproveitado em propriedades rurais devido à sua excessiva produção, o que pode gerar graves problemas ambientais e acarretar prejuízos de ordem financeira, caso manejado incorretamente (ANDRADE *et al.*, 2013). Reporta-se que na década de 50, com o aparecimento das amidonarias, começaram a ser utilizados os subprodutos do beneficiamento da mandioca nas atividades agropecuárias devido ao aporte de nutrientes relacionados a esses insumos e pela falta de acesso às informações sobre o tratamento dos efluentes e resíduos gerados pelo beneficiamento da mandioca (DUARTE *et al.*, 2012).

A potencialidade do uso agrícola da manipueira como fonte de fertilizante pode ser comprovada, pois: Cardoso (2005) e Saraiva *et al.* (2007) investigaram o uso da manipueira como biofertilizante para cultivo do milho (*Zea mays* L.), resultaram que o milho apresentou aumento de produtividade de grãos, frutos mais saudáveis e as plantas tiveram crescimento e massa fresca significativamente superiores a testemunha; Duarte *et al.* (2012) avaliaram o uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral e concluíram que o uso da manipueira serviu como fonte de adubação para a cultura; Dantas *et al.* (2017) ao avaliarem o uso de manipueira como fonte de nutrientes nos componentes morfológicos e de produção do girassol, resultaram que a manipueira proporcionou aumento das variáveis morfológicas e de produção avaliadas; Bezerra e Bezerra (2016) avaliaram o uso da manipueira na fertirrigação da rúcula e concluíram que o efluente proporcionou maior massa fresca, massa seca, número de folhas e Barreto *et al.* (2013) ao avaliarem as alterações dos atributos químicos de solos fertilizados manipueira observaram que o efluente proporcionou incrementos nos teores de fósforo disponível, potássio, cálcio, magnésio e sódio trocáveis e que o aumento das doses de manipueira, apesar do efeito crescente com relação ao sódio, não provoca riscos de sodificação do solo em curto prazo.

3.5 Fertirrigação

Nos últimos anos a forma tradicional de aplicação de fertilizantes nas culturas vem sendo substituída pela fertirrigação que consiste na aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação (PINTO *et al.*, 2011). É uma técnica relativamente antiga que os agricultores de muitos países têm utilizado em diferentes métodos de irrigação (TESTEZLAF, 2014).

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação é uma alternativa bastante promissora à adubação convencional (PINTO *et al.*, 2011). Em alguns países, como os Estados Unidos, Israel e Itália, a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado sobretudo com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e pela qualidade dos fertilizantes líquidos (MARCUSSEI, 2005). Tem-se, dentre suas vantagens: melhor aproveitamento do equipamento de irrigação; economia no custo de aplicação de fertilizantes visto que economiza máquinas e mão de obra; aplicação dos adubos nas doses e momento exatos exigidos pelas culturas; maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes; menor compactação do solo e danos físicos às culturas (BOAS *et al.*, 2006).

Uma das vantagens mais importantes da fertirrigação está relacionada com a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, haja vista que oferece, à planta, o nutriente prontamente disponível na solução do solo para ser absorvido provocando crescente necessidade de obter parâmetros de avaliação do estado nutricional da planta a fim de corrigir possíveis deficiências ou toxidez (MARCUSSEI, 2005).

A fertirrigação teve seu início no Brasil com a aplicação de resíduos orgânicos, em especial a vinhaça em canaviais (MENDONÇA & MANTOVANI, 2001). É uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizante às plantas, principalmente em regiões de climas árido e semiárido pois, aplicando-se os fertilizantes em menor quantidade por vez mas com maior frequência, é possível manter um teor uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo da cultura, o que aumentará a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a produtividade (PINTO *et al.*, 2017).

3.6 A cultura do feijão vigna

A cultura do feijão ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira tanto em área plantada como em volume de produção, além de ser importante na ocupação de mão de obra (LOLLATO, 2001).

O feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-fradinho, feijão-macassar ou feijão de corda, é uma alternativa de renda e alimentar para muitas regiões, em especial para a região Nordeste do Brasil (BENETT *et al.*, 2013). Pode ser cultivado em solos com teor regular de matéria orgânica e razoável fertilidade (BELTRÃO JÚNIOR *et al.*, 2012), pois é considerada uma planta rústica, adaptando-se às diferentes condições de clima e solo, sendo cultivado em regiões úmidas, subúmidas e semiáridas (MENDES *et al.*, 2007).

De acordo com Souza *et al.* (2005) o Brasil produz anualmente 750 toneladas de feijão vigna.

No Brasil, o feijão vigna vem passando por grandes mudanças, seja no setor produtivo, com a expansão do cultivo para outras regiões, de quanto no setor comercial, com melhor padronização do produto com o início do processamento industrial e com a entrada do produto em novos mercados do País e do exterior (FREIRE FILHO *et al.*, 2011). Esses autores relatam que em 2007 o Brasil iniciou a exportação de feijão vigna tendo, como países de destino, Canadá, Portugal, Israel, Turquia e Índia e foi constatado haver um mercado muito maior para a cultura.

Na região Nordeste a produção se concentra tradicionalmente nas áreas semiáridas, enquanto outras culturas leguminosas anuais, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente (FREIRE FILHO *et al.*, 2011). Na Paraíba é cultivado em quase todas as microrregiões, ocupando 75% das áreas de cultivo com feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Pode ser consumido de várias formas: grão verde e seco, massa para comidas baianas como acarajé e abará, salada, pizza, doce, bife e na tradicional feijoada (NEVES *et al.*, 2011). Sua comercialização é realizada na forma de grãos secos, feijão verde (vagem verde ou grão verde debulhado) e sementes.

3.6.1 Cultivar BRS Marataoã

A cultivar BRS Marataoã foi lançada pela EMBRAPA Meio-Norte que a obteve através do cruzamento da cultivar Seridó, procedente do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, com a linhagem TV x 1836-013J, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). As gerações segregantes foram conduzidas pelo método da descendência de uma única vagem até a geração F6, quando então foram abertas as linhagens entre as quais foi selecionada a CNC x 409-11F, posteriormente lançada como BRS Marataoã (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

De acordo com Freire Filho *et al.* (2005) a cultivar apresenta porte semiprostrado, moderada resistência ao acamamento, em média 42 dias para a floração; possui inserção das vagens acima do nível da folhagem, 18 cm de comprimento médio da vagem, grãos esverdeados, vagens quando secas amarelo-claras, 15 grãos por vagem, peso de 100 grãos de 15,5 g e ciclo variando de 70 a 75 dias, razão por que vem sendo indicada para o cultivo nos estados do Piauí, Maranhão, Paraíba e Bahia.

3.7 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.), originário da América Central e cultivado em todo o Brasil, tem grande importância econômica devido às diversas formas de sua utilização, desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia e utilização na produção de biocombustíveis (FORNASIERI FILHO, 2007).

O milho vem sendo utilizado na América Latina desde os tempos mais remotos, como a principal e a mais tradicional fonte alimentar ocupando, hoje, posição de destaque entre os cereais cultivados no mundo precedidos apenas pela cultura do trigo (BRITO *et al.*, 2010). Conforme Pereira Filho (2002) o milho é utilizado na alimentação humana sob diversas formas de grãos secos e verdes. No caso de grãos verdes para consumo *in natura* é chamado popularmente de milho verde que pode ser consumido cozido ou assado, processado para fazer curau, pamonha e suco e ainda como ingrediente para fabricação de bolos, biscoitos, sorvetes e uma série de outros tipos de alimentos. O cultivo do milho verde é uma atividade quase que exclusiva de pequenos e médios agricultores responsáveis pela colocação do produto no mercado (PEREIRA FILHO, 2002). O consumo de milho verde sempre foi uma tradição no Brasil, comum à comercialização tanto do milho verde na forma de espigas ou

grãos enlatados como de seus subprodutos (pamonha, curau e suco) (RODRIGUES *et al.*, 2009).

De acordo com Rodrigues e Silva (2011) as cultivares comerciais de milho disponíveis para o produtor são classificadas quanto ao ciclo e ao tipo da cultura; quanto ao ciclo, são classificadas em superprecoce, precoce e normais (tardias) e quanto ao tipo são classificadas em híbridas e polinização aberta.

O milho responde progressivamente a altas adubações sobretudo em relação ao nitrogênio e ao potássio desde que outros fatores não sejam limitantes, uma vez que esses nutrientes são extraídos em grandes quantidades por ocasião da colheita para forragem (BORGHI *et al.*, 2007). Segundo Coelho (2006) as maiores exigências nutricionais do milho se referem ao nitrogênio e ao potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. Com referência aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são bastante pequenas, porém a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade, como a deficiência de um macronutriente.

Quanto às temperaturas, a faixa ideal para que o milho não tenha seu crescimento e produtividade afetados, se situam entre os 26 e os 35 °C (BERGAMASCHI & MATZENUERA, 2014), visto que temperaturas muito baixas afetam o crescimento e caso as máximas durante a fecundação sejam superiores a 35 °C causar uma diminuição no número de grãos e em contrapartida, afetada a produtividade.

3.7.1 Cultivar de milho Potiguar

Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA (EMPARN, 2017), a cultivar de milho Potiguar é resultante do programa de melhoramento genético da EMBRAPA/ INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural). Sua introdução no Brasil data da década de 70, através da Embrapa Milho e Sorgo, e em 1996 foi adaptada para a Região Nordeste, pela EMPARN. A cultivar apresenta ciclo precoce; 50% do florescimento masculino entre 50 a 55 dias; porte entre 1,80 a 2,40 m; boa tolerância ao acamamento e quebramento; bom empalhamento de espiga e espigas com padrão comercial para o consumo *in natura*; grãos semidentados; colheita de milho verde entre os 75 e 80 dias após a germinação (DAG) e seca aos 110 a 120 DAG.

4 Referências Bibliográficas

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Especiais em Ciências do Solo**, Viçosa, v. 4, p. 391 – 470, 2005.

ANDRADE, W. R.; SANTOS, T. M. B.; TREVIZAN, P. S. F.; XAVIER, C. A. N.; CARVALHO, K. C. N.; NUNES, C. L. C. **Co-digestão anaeróbia de manipueira e dejetos de monogástricos com utilização de dois corretivos de pH**. III Symposium on Agricultural And Agroindustrial Waste Management, São Pedro, SP, 2013.

ARAÚJO, N. C.; GUIMARÃES, P. L. F.; DUARTE, K. L. S.; OGATA, I. S.; LUIZ GUILHERME ABREU DE PAULA, L. G. A. Problemática dos resíduos líquidos das agroindústrias processadoras de raízes de mandioca no Estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p 258-262, 2012.

ARAÚJO, N. C. **Uso de urina humana como fonte alternativa de nutrientes para a cultura do milho (*Zea mays* L.) cultivado em sistema hidropônico**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 718-729, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p718>

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P.; ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e produtividade de milho fertilizado com manipueira como fonte alternativa de nutrientes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.9, n.2, p. 31 - 35, 2015.

BATISTA, O. C. A. **Utilização da urina humana como fonte de nitrogênio para *branchiaria decumbens* e *cynodon***. 2011, 28p. Trabalho de Conclusão de Estágio Supervisionado (Graduação em Agronomia). Universidade de Brasília - UnB, Brasília – DF, 2011.

BARRETO, M. T. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; MAGALHÃES, A. G.; TAVARES, U. E.; DUARTE, A. S. Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.528-534, 2013. DOI:10.5039/agraria.v8i4a2425

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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000500004>

BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; CRUZ, J. S.; SOUSA, E. C.; SILVA, L. A. Rendimento do Feijão-caupi Adubado com Diferentes Doses de Biofertilizante Orgânico Produzido Através da Biodegradação Acelerada de Resíduos do Coqueiro no Município de Trairí – CE. **Revista Irriga Botucatu**, Edição Especial, 2012. p. 423 – 437.

BENETT, C. G. S.; LIMA, M. F.; BENETT, K. S. S.; CAIONE, G.; PELLOSO, M. F. Formas de aplicação e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do feijão-caupi. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 1, 2013. p. 17 - 30.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014. 84 p.

BEZERRA, M. A. S.; BEZERRA, F. D. S. Produção de rúcula (*Eruca sativa*) em resposta a diferentes doses de manipueira na Amazônia Ocidental Brasileira: O caso da comunidade Praia Grande, no extremo Oeste do Estado do Acre – Brasil. **Revista Espacios**, v. 37, n.34, p. 18, 2016.

BOAS, R. L. V.; BERTANI, R. M. A.; ALMEIDA, A. M.; SAMPAIO, A. C.; FUMIS, T. F. Fertilização para iniciantes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n.2, 2006.

BORGHI, É.; MELLO, L. M. M.; BERGAMASCHINE, A. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade e Qualidade de Forragem de Milho em Função da População de Plantas, do Sistema de Preparo do Solo e da Adubação. **Revista Bras. de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.4, p.465 - 471, 2007.

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.

BRINGHENTI, L.; CABELLO, C. Qualidade do álcool produzido a partir de resíduos amiláceos da agroindustrialização da mandioca. **Energia na Agricultura**, v. 20, n. 4, p-36-52, 2005.

BRITO, K. S.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; SILVA, M.; ROCHA, A. E. Q.; SILVA, S. **Produtividade e Índice de Área Foliar do Milho em Função da Adubação Nitrogenada**. In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia, 2010. **Anais**, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD - ROM.

CARDOSO, É. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: Avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**. 2005. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2005.

CAMILI, E. A.; CABELLO, C. Avaliação do processo de flotação no tratamento da manipueira originada da fabricação de farinha de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 23, n.1, p.32-45, 2008.

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.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Circular Técnica, 78. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, MG, 2006, 10 p.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. C.; NASCIMENTO, F. R.; KIPERSTOK, A. Avaliação da perda de nitrogênio em sistema de armazenamento de urina com isolamento da atmosfera. XXXI Congresso Interamericano AIDIS. Santiago – CHILE, 2008. p.1 – 8.

COSTANZI, R. N.; FRIZZO, E.; DOMBECK D.; COLLE G.; ROSA J. F. DA; MAIBUK, L. A. C. DO; FERNANDES M. da S. P. Reuso de água amarela. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 9 – 16, 2010.

CEREDA, M. P. **Valorização de Subprodutos como Forma de Reduzir Custos de Produção**. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. V. 4. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p. 305 – 320.

CEREDA, M. P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca**. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. V.4. São Paulo: Fundação Cargill, 2001, p. 13 – 37.

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. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p350-357>

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; LIMA, L. E.; SILVA, M. M. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.1, p. 77- 82, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764010011>

DRIVER, J.; LIJMBACH, D.; STEEN, I. Why recover phosphorus for recycling, and how? **Environmental technology**, v. 20, n. 7, p. 651-662, 1999.

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 manípueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.262–267, 2012.

ESREY, S. A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J.; WINBLAD, U. (Ed.): **Ecological Sanitation**, Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, 1998. Disponível em: < http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf>. Acesso em 11 janeiro de 2017.

ESREY, S. A. Towards a recycling society: ecological sanitation-closing the loop to food security. **Water Science Technology**, v. 43, n. 4, p. 177-87, 2001.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA. **Milho Potiguar**. Caicó, RN, 2011. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000017903.PDF>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2017.

FIORETTO, R. A. Uso Direto da Manipueira em Fertirrigação. In: Cereda, M. P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 4, 2001. p. 67 – 79.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Reúso de Águas Cinzas em Edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19 - 30, 2006.

FITTSCHEN, I.; HAHN, H. H. Characterization of the municipal wastewater parameters human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. **Water Science and Technology**, Alemanha, v. 38, n. 6, p. 9-16, 1998.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: funep, 2007. 576 p.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.200-01, 1999.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. M. BRS Marataoã: Nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, 2005. p. 771-777.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2011, 84 p.

GUIMARÃES, P. L. F.; OLIVEIRA, R.; COURA, M. A.; ARAÚJO, N. C.; RODRIGUES, A. C. L. Tratamento de águas amarelas em leito filtrante intermitente de carvão ativado. **Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3853-3864, 2014.

GOLDER, D.; RANA, S.; SARKAR (PARIA), D.; JANA, B. B.. Human urine is an excellent liquid waste for the culture of fish food organism, *Moina micrura*. **Ecological engineering**, v. 30, n. 4, p. 326-332, 2007.

GONÇALVES, R. F.; REBOUÇAS, T. C.; MIRAVAL, D. O.; BIANCHI, G.; BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e Tratamento de Diferentes Tipos de Águas Residuárias de Origem Residencial Após Segregação**. AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando Antiguos Principios para os Nuevos Desafíos del Milenio. Montevideo: ABES, 2006. p. 1 – 10.

HEINONEN-TANSKI, H., Van WIJK-SIJBESMA, C. Human excreta for plant production. **Bioresource technology**, v. 96, n. 4, p. 403-411, 2005.

INOUE, K. R. A.; SOUZA, C. F.; MENDES, M. A. S. A.; VIEIRA, M. F. A.; SOUSA, M. S.; LEITE, F. F. G. D. **Remoção da carga orgânica e caracterização do biofertilizante produzido no processo de digestão anaeróbia da manipueira**. III Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, São Pedro – SP, 2013.

JÖNSSON, H.; STINTZING, A. R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. Orientações de uso de urina e fezes na produção agrícola. Programa do EcoSanRes (Relatório 2004-2) - Instituto do Ambiente de Estocolmo. Estocolmo, Suécia, 2004, p. 40. Disponível em:<www.escosanres.org>. Acesso em 17 de fevereiro de 2017.

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.

KIRCHMANN, H.; PETTERSSON, S. Human urine-chemical composition and fertilizer use efficiency. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 40, n. 2, p. 149-154, 1994.

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 2017.

LARSEN, T. A.; PETERS, I.; ALDER, A.; EGGEN, R.; MAURER, M.; MUNCKE, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. **Environmental science and technology**, v. 35, n. 9, p.192 – 197, 2001.

LARSEN, T. A.; MAURER, M.; UDERT, K. M.; LIENERT, J. Nutrient Cycles and Resource Management: Implications for the choice of wastewater treatment technology. **Water Science and Technology**, v. 56, n. 5, p. 229–237, 2007.

LEAL, F. R. R.; LEAL, M. P. C.; ALBUQUERQUE, C. L. C. D. Avaliação do efeito da manipueira em aplicação vias foliar e substrato na produção de coentro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n.3, 2015.

LIND, B. B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. **Ecological Engineering**, v. 16, n. 4, p. 561-566, 2001.

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.

LOLLATO, M. A.; SEPULCRI, O.; DEMARCHI, M. **Cadeia produtiva do feijão: diagnóstico e demandas atuais**. IAPAR, Londrina - Paraná, 2001, 48 p.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.7, p.675–681, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700001>.

MAURER, M.; PRONK, W.; LARSEN, T. A. Treatment processes for source-separated urine. **Water Research**, v. 40, n. 17, p. 3151 – 3166, 2006.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.3, p.642-650, 2005.

MENDONÇA, F. C.; MANTOVANI, E. C. **Análise econômica da utilização da fertirrigação na cafeicultura na região de Araguari-MG**. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Anais, Vitória, ES, p. 462 – 470, 2001. Disponível em:<http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/759/155585_Art062f.pdf?sequence=1>. Acesso em 21 de novembro de 2016.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações Fonte-dreno em Feijão-de-corda Submetido à Deficiência Hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.

NEVES, A. C.; CÂMARA, J. A. S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; SOBRINHO, C. A. **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Embrapa, Circular Técnica, 51. Teresina, PI, 2011. p. 15.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. LOPES, E. B.; SILVA, E. É. ARAÚJO, L. H. A.; RIBEIRO, V. V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M. **BRS Marataoã – Cultivar de Feijão-Caupi com Grão Sempre Verde para o Amazonas**. Comunicado Técnico, 107. Embrapa Amazônia Ocidental: Manaus, AM, 2014, 4 p.

PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. p. 217.

PESSUTI, C. A. A.; HERMES, E.; NEVES, A. C.; SILVA, R. P.; PENACHIO, M. ZENATTI, D. C. Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Ed. especial, v. 4, p.556-564, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e02015p.556-564>

PINTO, O. R. O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p 132–140, 2011.

PINTO, J. M.; BASSOI, L. H.; SOARES, J. M. **Manejo da fertirrigação**. Brasília, DF: Agência de Informação da Embrapa. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_53_24112005115222.html>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.

PRADHAN, S. K.; NERG, N.; SJÖBLOM, A.; HOLOPAINEN, J. K.; HEINONEN-TANSKI, H. Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*) -

impacts on chemical, microbial, and flavor quality. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 21, p. 8657-8663, 2007.

RIOS, É. C. S. V. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*)**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito. Vitória, ES, 2008.

ROBINSON, D. **Urina: o derradeiro fertilizante 'orgânico'?** Cannabiscfe, 2014. Disponível em: <<http://www.cannabiscfe.net/foros/showthread.php/336650-Urina-o-derradeiro-fertilizante-org%C3%A2nico-Urina-o-derradeiro-fertilizante-or>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2017.

RODRIGUES, F.; von PINHO, R. G.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FARIA FILHO, E. M.; GOULART, J. C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.75-84, 2009.

RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F. **Indicações Técnicas para o Cultivo do Milho e do Sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013**. Porto Alegre: Fepagro, 2011, 140 p.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milheto cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

SARAIVA, F. Z.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; QUEIROZ, M. M. F.; NÓBREGA, L. H. P.; GOMES, B. M. Uso de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.30–36, 2007.

SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; QUEIROZ, L. M.; FADIGAS, F. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; KIPERSTOK, A. Nitrogen recycling through fertilization of Bermuda grass using human urine diluted in water. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, n.3, p. 164-171, 2016.

SCHÖNNING, Caroline. Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine. In: **NJF Seminar**, p. 20-21, 2001.

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.

SANTOS, M. H. V.; ARAÚJO, A. C.; SANTOS, D. M. R.; LIMA, N. S.; LIMA, C. L. C.; SANTIAGO, A. D. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i4.4819

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milho cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

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, CE, 2007.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de Cultura do Feijão Caupi na Região Litorânea do Ceará. **Revista Irriga Botucatu**, v. 10, n. 3, p. 241-248, 2005.

SOUSA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LOPES, W. S.; LEITE, V. D. Gerenciamento sustentável de água residuária doméstica. **Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal**, v. 9, n. 1, p. 38-46, 2008.

TESTEZLAF, R. **Métodos de Fertirrigação**. 2014, 19 p. AP 219 – Engenharia de Irrigação. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/15768754-Metodos-de-fertirrigacao.html>>. Acesso em 22 de janeiro de 2017.

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.

VINNERÄS, B.; PALMQUIST, H.; BALMÉR, P.; JÖNSSON, H. The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste – a proposal for new Swedish design values. **Urban Water Journal**, v. 3, n.1, p. 3–11, 2006.

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, n. 1-3, p. 392-401, 2009.

WILSENACH, J. A.; van LOOSDRECHT, M. C. M. Impact of separate urine collection on wastewater treatment systems. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 1, 2003. p. 103–110.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007, 83 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória – ES, 2007.

CAPÍTULO II - Teores de macronutrientes e crescimento do feijão vigna ‘Marataoã’ fertirrigado com água amarela e manipueira

Resumo

A fertilização de cultivos agrícolas através do uso de águas amarelas associada à manipueira, é uma técnica sustentável, uma vez que possibilita a reciclagem de nutrientes, reduzindo custos com a aquisição de fertilizantes minerais e minimizando a poluição ambiental ocasionada pela destinação final inadequada desses efluentes. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os teores de macronutrientes e o crescimento do feijão vigna fertirrigado com águas amarela associada à manipueira e NPK como fonte de nutrientes. O experimento foi instalado em uma casa de vegetação localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado composto por quatro repetições e cinco tratamentos caracterizados por fertirrigações com fertilizantes minerais, na forma de NPK (1); orgânicos composta por urina (2), manipueira (3), urina mais manipueira (4) e organomineral composta por urina mais manipueira fósforo mineral (5) e quatro repetições. Aos 36 dias após a semeadura foram avaliados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e as variáveis de crescimento: número de folhas, altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea. De acordo com os resultados os teores de nitrogênio, fósforo, enxofre e as variáveis de crescimento diâmetro caulinar, massa fresca e seca da parte aérea, foram influenciadas positivamente pelos tratamentos. As médias dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio apresentaram valores superiores aos considerados adequados para o cultivo do feijão vigna. Concluiu-se que a urina humana e a manipueira apresentam potencialidade para suprir as demandas dos principais macronutrientes requeridos pela cultura do feijão vigna e que fertirrigações com tais resíduos influenciaram positivamente o crescimento do feijão vigna.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., uso agrícola de resíduos, ecossaneamento, urina humana.

Macronutrient contents and growth of vigna Marataoã beans fertirrigado with yellow water and cassava wastewater

Abstract

The fertilization of agricultural crops through the use of yellow water associated with the cassava wastewater is a sustainable technique, since it allows the recycling of nutrients, reducing costs with the acquisition of mineral fertilizers and minimizing the environmental pollution caused by the inadequate final destination of these effluents. In this context, the objective of this work was to evaluate the macronutrient contents and the growth of the fertigated vigna beans with yellow waters associated with the cassava wastewater and NPK as nutrient source. The experiment was installed in a greenhouse located at Campus I, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, PB. A completely randomized design was used, consisting of four replicates and five treatments characterized by fertigations with mineral fertilizers in the form of NPK (1); human urine (2), cassava wastewater (3), cassava

wastewater more urine (4), and organomineral urine plus cassava wastewater mineral phosphorus (5) and four replicates. After 36 days of sowing, nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and growth variables were evaluated: leaf number, plant height, stem diameter, leaf area, fresh and dry shoot mass. According to the results, the nitrogen, phosphorus, sulfur and growth variables of the shoot diameter, fresh and dry shoot mass were positively influenced by the treatments. The mean values of nitrogen, phosphorus and potassium presented higher values than those considered adequate for vigna bean cultivation. It was concluded that the human urine and the cassava wastewater present potential to meet the demands of the main macronutrients required by the vigna bean crop and that fertirrigations with such residues positively influenced the growth of vigna beans.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Agricultural use of waste, ecosystem, human urine.

1 Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-fradinho, feijão-macassar ou feijão-de-corda, é uma alternativa de renda e alimentar para muitas regiões, em especial para a região Nordeste do Brasil (BENETT *et al.*, 2013). No Brasil, o feijão vigna vem passando por grandes mudanças, tanto no setor produtivo, com a expansão do cultivo para outras regiões, quanto no setor comercial, com uma padronização do melhor produto, com o início do processamento industrial e com a entrada do produto em novos mercados do país e do exterior (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

A reciclagem de nutrientes contidos em resíduos biodegradáveis é uma técnica sustentável, pois minimiza o uso de fertilizantes minerais sintéticos e os impactos negativos resultantes da falta de gerenciamento ambiental na exploração de recursos naturais para produzir fertilizantes e a poluição das águas resultante de lançamentos descontrolado de resíduos no meio ambiente. O aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de C e nutrientes (SILVA *et al.*, 2010).

Em conformidade com Sousa *et al.* (2008), nos últimos anos diversas pesquisas baseadas na separação de urina e fezes foram desenvolvidas. A separação de urina pode proporcionar um fertilizante higiênico "gratuito", que pode ser utilizado na agricultura (KVARNSTRÖM *et al.*, 2006). Segundo Karak e Bhattacharyya (2011) a urina é uma fonte valiosíssima de nutrientes que vêm sendo utilizados na agricultura desde tempos antigos.

Outro efluente que apresenta grande potencialidade para a reciclagem dos nutrientes através do reuso agrícola é a manipueira pois, segundo Conceição *et al.* (2013), é rica em

nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e pode ser utilizada como fertilizante potencial. Neste contexto, urina humana e manipueira se apresentam como excelentes fertilizantes orgânicos, pois contêm quantidades significativas de macro e micronutrientes essenciais para as plantas.

Recentemente, diversas pesquisas foram desenvolvidas avaliando o uso agrícola de urina humana, Araújo *et al.* (2015a), estudaram as componentes de cultivo da forragem verde hidropônica (FVH) de milho fertilizado com urina humana como fonte de nutrientes; Santos Júnior *et al.* (2015), avaliaram a produção de grãos e fitomassa de milho irrigado com urina humana associada a esgoto doméstico; Bonvin *et al.* (2015) estudaram a absorção de N e P pela gramínea azevém fertilizada com urina sintética e Santos *et al.* (2016) testaram a utilização da urina humana como fonte de nutrientes para grama Bermuda.

Quanto à manipueira, nos últimos sete anos diversas pesquisas foram publicadas analisando o potencial fertilizante do efluente (SANTOS *et al.*, 2010; SCHWENGBER *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2012; DUARTE *et al.*, 2012; SILVA JUNIOR *et al.*, 2012; BARRETO *et al.*, 2013; BARRETO *et al.*, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2015b; DANTAS *et al.*, 2015; LEAL, LEAL E ALBUQUERQUE, 2015 e PESSUTI *et al.*, 2015). Através dos resultados obtidos nas supracitadas pesquisas, os autores concluíram que o uso agrícola da urina humana ou da manipueira apresentaram efeitos positivos nas variáveis das culturas analisadas.

Portanto, considerando a inexistência de estudos utilizando águas amarelas mais manipueira no cultivo do feijoeiro, a presente pesquisa objetivou avaliar os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) e o crescimento do feijão *Vigna unguiculata* (L.) Walp. fertirrigado com urina humana associada à manipueira como fonte de nutrientes.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, entre os meses de novembro a dezembro de 2015, instalada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W, 551 m de altitude), estado da Paraíba.

No ambiente de pesquisa foram montadas unidades experimentais compostas de vaso. Os vasos utilizados eram de plástico com 15,0 L de capacidade instalados em espaçamento de 0,80 m entre fileira e 0,50 m dentro da fileira, colocados sob base de tijolos.

Cada vaso foi perfurado na base para introdução de um dreno, ou seja, uma mangueira com 15 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro nominal, a qual foi acoplada a uma garrafa PET com 2,0 L de capacidade para a coleta do efluente de drenagem permitindo sua recirculação no vaso de origem que, tinha por finalidade evitar possíveis perdas de nutrientes lixiviados por excesso de volumes de águas drenado da irrigação. No preenchimento os vasos receberam uma camada de 0,50 kg de brita (número zero) a qual cobriu a base e outra de 15,0 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenoso, devidamente destorroado e peneirado, proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características analisadas revelaram os seguintes valores: pH (H₂O) = 5,58; CE = 0,56 mmhos cm⁻¹; Al = 0,00 cmolc dm⁻³; Mg = 2,78 cmolc dm⁻³; Ca = 9,07 cmolc dm⁻³; K = 0,33 cmolc dm⁻³; Na = 1,64 cmolc dm⁻³; P = 3,98 mg dm⁻³; S = 13,72 cmolc dm⁻³; CO = 1,70%; MO = 2,93% e d = 1,28 g cm⁻³.

Após preenchimento dos vasos com o solo se iniciou a irrigação até atingir a capacidade de campo; posteriormente, abriram-se as covas e se realizaram a semeadura depositando cinco sementes por vaso, da cultura feijão vigna, cultivar marataoã e com 10 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste mantendo-se duas plântulas por vaso.

Os volumes de água para as irrigações foram estimados individualmente para cada parcela experimental com turno de rega de 2 dias com base no balanço de água (diferença entre o volume médio aplicado e o drenado suficiente para manter o solo à capacidade de campo acrescido de 20%, com o propósito de suprir as perdas de água por evapotranspiração. A água utilizada na irrigação foi coletada na rede de abastecimento pública da cidade de Campina Grande, PB.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco tratamentos, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de fertirrigações com NPK (Tratamento 1 - NPK); apenas urina humana (Tratamento 2 - U); apenas manureira (Tratamento 3 - M); urina humana mais manureira (Tratamento 4 - U + M) e urina humana mais manureira mais fósforo (Tratamento 5 - U + M + P). Os fertilizantes minerais eram compostos de ureia (45,9 % de N), superfosfato simples (18,9 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O).

As fertirrigações foram iniciadas aos 10 dias após a semeadura (DAS). Em cada parcela foram aplicados os equivalentes a 100 mgN kg⁻¹ de solo, 300 mgP kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo, conforme recomendações de Novais *et al.* (1991).

As quantidades de urina humana e manipueira aplicadas em cada parcela, foram estimada com base nas concentrações de nitrogênio e potássio presentes nos efluentes (Tabela 1) e a dose recomendada por Novais *et al.* (1991) (100 mgN kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo).

Para os tratamentos que continham fertilizantes minerais (tratamentos 1 e 5) as fertirrigações foram parceladas em 3 vezes e aplicados aos 10, 20 e 28 DAS; já para os tratamentos que continham urina humana (tratamentos 2), manipueira (tratamentos 3) e urina humana mais manipueira (tratamentos 4 e 5) as fertirrigações foram parceladas em 10 vezes e aplicadas aos 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 e 28 DAS.

A urina humana passou por tratamento, que consistiu no armazenamento em balde de plástico com capacidade para 20,0 L e mantido hermeticamente fechado durante 60 dias antes de ser utilizada. O tratamento dado a manipueira consistiu em digestão anaeróbia por um período de 90 dias em recipiente de plástico com capacidade para 85 litros, porém se deixando um espaço vazio de 10 cm no seu interior e fechada; na tampa do balde foi instalada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 10 cm, para a saída dos gases gerados durante a biodigestão do efluente.

Após o tratamento os efluentes foram analisados, segundo metodologia preconizada no Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005), cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.

Efluentes	Parâmetros								
	NTK	N-NH ₃	NO ₃	P-PO ₄ ⁻³	K	Na	Ca + Mg	pH	CE
	g L ⁻¹							-	mS cm ⁻¹
Urina	6,668	5,257	0,002	0,325	1,558	2,509	0,034	9,12	42,7
Mani.	1,199	0,336	0,019	0,338	4,004	0,096	2,800	3,75	11,75

NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; N – NH₃: Nitrogênio Amoniacal; NO₃: Nitrato P – PO₄⁻³: Ortofosfato solúvel; K: Potássio; Na: Sódio; Ca + Mg: dureza total; pH: Potencial hidrogeniônico e CE: Condutividade Elétrica.

Aos 36 dias após a semeadura (DAS), período no qual as plantas estavam finalizando o estágio vegetativo e iniciando a floração, fase em que estas assimilam as máximas quantidades dos nutrientes (Figura 1), foram avaliadas as variáveis de crescimento: altura de

planta (AP, cm), diâmetro caulinar (DC, mm), número de folhas (NF, folhas planta⁻¹), área foliar (AF, cm²), massa fresca da parte aérea (MFPA, g planta⁻¹) e massa seca da parte aérea (MSPA, g por planta).

Figura 1: Experimento com a cultivar do feijão Marataoã aos 36 DAS.



A altura das plantas foi realizada utilizando-se uma trena graduada em centímetros medindo do colo da planta até a gema apical; o diâmetro caulinar foi avaliado através da utilização de paquímetro digital, graduado em milímetro medindo a aproximadamente 2,0 do colo da planta; o número de folhas foi determinado pela contagem das folhas verde maiores que 3,0 cm de comprimento, desprezando-se as secas e se partindo das folhas basais até a última folha aberta na planta; a área foliar foi estimada pelo modelo matemático proposto por Lima *et al.* (2008), que consiste em inserir os valores das somas do comprimento da nervura principal (C) e a largura máxima de cada folíolo (L), conforme a Equação 1:

$$AF = \Sigma(0,9915 \times (C \times L)^{0,9134}) \quad (1)$$

em que AF é a área foliar da cultivar (cm²); L é a largura máxima de cada folíolo (cm) e C, o comprimento da nervura principal (cm).

Para determinação da massa fresca da parte aérea uma das plantas de cada parcela foi cortada rente ao solo e pesada, em balança digital de precisão; após a pesagem as plantas foram colocadas em sacos de papel previamente identificados e levadas para secagem em estufa com temperatura controlada em 65 °C durante 72 horas, para determinação da MSPA.

Após determinar a MSPA as plantas foram trituradas em moinho tipo “Willey” e colocadas em embalagens identificadas para determinar os teores de nitrogênio (N, g kg⁻¹), fósforo (P, g kg⁻¹), potássio (K, g kg⁻¹) e enxofre (S, mg kg⁻¹). Essas análises foram realizadas segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos pelo software ASSISTAT v. 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016), a análise de variância com as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

3 Resultados e Discussão

Em conformidade com os resultados da Tabela 2, a análise de variância apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) e não significativo ($p > 0,05$) para a variável teor de potássio (K). Também ocorreu diferença estatística significativa entre si para as médias de N, P e S.

Tabela 2: Resumo da análise de variância e médias dos teores de N (g kg⁻¹), P (g kg⁻¹), K (g kg⁻¹) e S (mg kg⁻¹) na parte aérea do feijão vigna fertirrigado com urina humana e manipueira.

FV	GL	Quadrado Médio			
		N	P	K	S
Tratamentos	4	151,29567**	6,46752**	34,12312 ^{ns}	2895,89787**
Resíduo	15	4,63867	0,20291	13,75016	15,22620
CV%	-	4,39	8,78	11,82	6,53
Tratamentos	Médias.....			
1 - (NPK)		52,50a	6,41a	36,38a	43,45cd
2 - (U)		52,50a	4,27b	27,60a	35,55d
3 - (M)		36,40b	4,27b	29,21a	51,84bc
4 - (U+M)		51,80a	3,69b	31,15a	54,19b
5 - (U+M+P)		52,27a	6,99a	32,56a	113,76a

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manipueira; U + M – Urina mais manipueira; U+M+P – Urina humana mais manipueira mais fósforo; (^{ns}, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Para os teores de N se diferenciaram entre si as médias do tratamento 3 (fertirrigação com manipueira), as médias dos demais tratamentos não se diferenciaram. A média máxima de N foi de 52,5 g kg⁻¹ obtida nas plantas fertirrigadas com água amarela (tratamento 2 – U) e com fertilizantes minerais (tratamento 1 - NPK). A média mínima de N foi 36,40 g kg⁻¹ obtida através das fertirrigações com apenas manipueira (tratamento 3 – M), porém este valor ainda

foi superior ao da faixa de concentração considerada adequada para a cultura do feijoeiro (30 a 35 g kg⁻¹) (FAGERIA *et al.*, 1996) e para o feijão vigna (19,7 ± 1,3 g kg⁻¹) (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

A média máxima do nutriente P foi de 6,99 g kg⁻¹ obtida através das fertirrigações com urina mais manipueira associada ao fertilizante mineral P (5 – U+M+P). Este valor não se diferenciou estatisticamente do tratamento caracterizado por fertirrigações com NPK (testemunha; 6,41 g kg⁻¹). As médias de P também não se diferenciaram entre si para os tratamentos 2 (fertirrigação com água amarela), 3 (fertirrigação com manipueira) e 4 (fertirrigação com água amarela associada a manipueira).

De acordo com os resultados da Tabela 2, os teores de N e P obtidos na presente pesquisa foram superiores aos encontrados por Parry *et al.* (2008) que, analisando os teores de macronutrientes na parte aérea do feijão vigna em solo fertilizado com duas doses de fósforo e diferentes épocas de semeadura, obtiveram teores máximas de 24,5 g kg⁻¹ e 1,7 g kg⁻¹, respectivamente. As médias de K não se diferenciaram estatisticamente entre si, e o valor máximo valor foi de 36,38 g kg⁻¹ obtida com as fertirrigações de NPK.

Os teores médios de S apresentaram diferença estatística ente os diferentes tratamentos testados em que a média máxima foi de aproximadamente 113,76 mg kg⁻¹ obtida com as fertirrigações de urina associada à manipueira e fertilizante mineral (5 – U+M+P). Este valor está na faixa considerada adequada para a cultura do feijão que, segundo a EMBRAPA (2009) é de 18 a 50 mg kg⁻¹ e abaixo do adequado para o feijão vigna que, segundo Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005) deve ser 1,5 ± 0,4 g kg⁻¹.

Com exceção dos teores de enxofre, todos os tratamentos proporcionaram teores de N, P e K considerados adequados para a cultura do feijoeiro (FAGERIA *et al.*, 1996). Quanto ao feijão vigna Freire Filho *et al.* (2005) preconizam que os teores de P e K adequados são de 1,4 ± 0,3; 32,0 ± 3,6 g kg⁻¹, respectivamente; portanto, em conformidade com a Tabela 2 todos os tratamento supriram as necessidades de N e P na cultura do feijão vigna e os tratamentos 1 (1 – NPK) e 5 (5 - U+M+P) também supriram as demandas por K indicando que o manejo da fertirrigação realizada no presente estudo foi satisfatório para o feijão vigna.

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 3), ocorreu diferença estatística significativa entre tratamentos (p < 0,05) para as variáveis diâmetro caulinar (DC), massas fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA); as demais variáveis (NF, AP e AF) não se diferenciaram estatisticamente entre tratamentos; esses resultados corroboram com os encontrados na literatura, pois Pereira *et al.* (2013) estudando os efeitos de três fontes de

adubação orgânica (esterco bovino, caprino e húmus de minhoca) no feijão vigna, não obtiveram efeito significativo para as variáveis número de folhas e altura de planta. Sousa *et al.* (2013) estudaram o efeito de doses crescentes de biofertilizante bovino no crescimento do feijão vigna aos 45 dias após a semeadura e obtiveram diferença estatística significativa para as variáveis diâmetro caulinar (DC) e matéria seca da parte aérea (MSPA). Alves *et al.* (2009) encontraram, estudando os efeitos de doses crescentes de biofertilizante obtidos através da fermentação de soro de leite e aplicados via fertirrigação do feijão vigna, efeitos significativos para as variáveis altura de planta e número de folhas e não significativos para o diâmetro caulinar.

Tabela 3: Resumo da análise de variância e das médias para o número de folhas por planta (NF, folhas planta⁻¹), altura de planta (AP, cm), diâmetro caulinar (DC, mm), área foliar (AF, cm²), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA, g planta⁻¹) do feijão vigna fertirrigado com urina humana e manipueira.

FV	GL	Quadrado Médio					
		NF	AP	DC	AF	MFPA	MSPA
Tratamentos	4	4,55000 ^{ns}	39,59375 ^{ns}	1,21923*	10136,66698 ^{ns}	130,99785*	2,01556*
Resíduo	15	5,65000	13,03750	0,26424	18187,72725	29,37111	0,49281
CV%	-	12,81	10,82	6,18	16,00	11,45	10,54
Tratamentos	Médias.....					
1 - (NPK)		17,00a	28,87b	7,95ab	802,24a	47,88ab	6,96ab
2 - (U)		18,75a	37,50a	8,78a	874,18a	47,7ab	6,69ab
3 - (M)		18,00a	32,37ab	7,54b	860,66a	41,85b	5,98b
4 - (U+M)		19,50a	34,50ab	8,80a	898,96a	56,34a	7,67a
5 - (U+M+P)		19,50a	33,62ab	8,50ab	779,28a	42,93b	6,00b

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manipueira; U + M – Urina mais manipueira; U+M+P – Urina humana mais manipueira mais fósforo; (^{ns}, ^{**}, ^{*}) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Quanto às médias, houve diferença estatística entre si para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), massas fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA).

As médias das variáveis, número de folhas (NF) e área foliar (AF) não apresentaram diferença estatística entre si sendo que, com exceção do tratamento 5 (5 – U+M+P) para a área foliar, as médias do número de folhas por planta e área foliar referente aos demais tratamentos (2 – U, 3 – M, 4 – U+M e 5 – U+M+P) apresentaram valores superiores aos da testemunha (1 – NPK). Uma provável explicação para isso pode está relacionada ao suprimento de outros nutrientes contidos na água amarela e manipueira que estavam disponíveis para serem assimilados pelo feijão vigna.

A média máxima do número de folhas foi de 19,50 folhas por planta, obtida através de fertirrigações com água amarela associada à manipueira (4 – U+M) e estas associadas ao

fósforo mineral (5 – U+M+P). Valor próximo foi encontrados por Silva *et al.* (2013), que através da fertirrigação do feijão vigna com 30 L ha⁻¹. d⁻¹ de biofertilizante bovino, aos 45 dias, obtiveram em média 20,50 folhas por planta.

Para a altura de planta, observa-se que entre os tratamentos testados não se diferenciaram estatisticamente entre si as médias das plantas fertirrigadas com apenas manipueira (3 – M), água amarela associada à manipueira (4 – U+M) e essas associadas ao fósforo mineral (5 – U+M+P); a média mínima de AP (28,87 cm) foi obtida com as fertirrigações de NPK e as máximas (34,50 e 37,5 cm) obtidas através das fertirrigações com água amarela associada a manipueira (4 – U+M) e apenas água amarela (3 – U), respectivamente.

As médias do diâmetro caulinar das plantas fertirrigadas com NPK e água amarela associada a manipueira e essas associadas ao P mineral (5 – U+M+P) não se diferenciaram estatisticamente entre si, o mesmo ocorreu com os tratamentos 2 (água amarela) e 4 (água amarela associada a manipueira); a mínima média foi de 7,54 mm obtido com as fertirrigações de manipueira e as máximas de 8,78 e 8,80 mm obtidas com as fertirrigações de água amarela (2 – U) e água amarela associada a manipueira (4 – U+M), respectivamente. Avaliando o efeito da manipueira na fertirrigação do feijão vigna, aos 35 DAS, Schwengber *et al.* (2010), observaram que o maior diâmetro caulinar foi de 2,99 mm obtido com a aplicação de 100 m³ ha⁻¹; Cruz *et al.* (2014) obtiveram, avaliando o feijão vigna aos 40 dias após a emergência em função da aplicação de 4,0 L m⁻¹ de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada dos resíduos da palha e inflorescências do coqueiro, poda de nim e poda de cajueiro, além do diâmetro caulinar de 6,0 mm, resultado este inferior ao encontrado na presente pesquisa.

Quanto à área foliar (AF), a máxima média foi de 898,96 cm² obtida com as fertirrigações com água amarela associada à manipueira. Estudando o crescimento do feijão vigna fertirrigado com esgoto sanitário, Rebouças *et al.* (2010) encontraram máxima área foliar de 943,0 cm², resultado muito próximo ao obtido da presente pesquisa.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) apresentou diferença estatística entre si para as médias de todos os tratamentos testados; o mínimo valor foi de 41,85 g planta⁻¹ e o máximo de 56,34 g planta⁻¹ obtidos com as fertirrigações de manipueira e água amarela associada à manipueira (4 – U+M), respectivamente.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), houve diferença estatística entre si as médias dos tratamentos 3 (manipueira), 4 (água amarela associada a manipueira) e 5 (água

amarela associada a manipueira e essas associadas ao P mineral); e não significativa para os tratamento 1 (NPK) e 2 (água amarela). As médias mínimas e máximas foram de 5,98 e 7,67 g planta⁻¹ obtidas através das fertirrigações com manipueira (3 – M) e água amarela associada à manipueira (4 – U+M), respectivamente.

Avaliando o uso de biofertilizante bovino e esgoto sanitário tratado na fertirrigação do feijão vigna, Sousa *et al.* (2013) e Rebouças *et al.* (2010), obtiveram resposta positiva com ganhos em massa seca da parte aérea. Utilizando esterco bovino na fertilização do feijão vigna, aos 35 dias após o plantio, Bastos *et al.* (2012), encontraram massa fresca da parte aérea de 27,30 g por planta.

Com base nos dados contidos na Tabela 3, constatou-se que apesar de não haver diferença estatística significativa entre as médias das variáveis número de folhas (NF), altura de planta (AP) e área filiar (AF), quando fertirrigadas com as águas residuárias apresentaram valores superiores aos das plantas fertirrigadas com fertilizante químico formulado por NPK, ou seja, os nutrientes presentes na água amarela e na manipueira promoveram efeitos positivos na cultura do feijão vigna. Com exceção do número de folhas e altura de plantas, as fertirrigações com água amarela associada à manipueira proporcionaram as máximas médias das variáveis DC, AF, MFPA e MSPA. Uma provável explicação para isto é que os nutrientes presentes na água amarela e na manipueira foram bem assimilados pelas plantas indicando grande potencialidade nutricional para o uso associado desses efluentes no cultivo agrícola.

4 Conclusões

1. Os teores de N, P e S, crescimento do diâmetro caulinar e as massas fresca e seca da parte aérea do feijão vigna foram influenciados pelas fertirrigações com água amarela, associação da água amarela com manipueira e esses efluentes associados à fonte de P;
2. Os teores máximos de N, P, K e S foram obtidos através das fertirrigações com NPK e urina mais manipueira associadas à fonte de P mineral;
3. A urina humana e a manipueira aplicadas via fertirrigação apresentam potencialidade para suprir as demandas por N, P e K requerido pela cultura do feijão vigna;
4. As máximas médias da maioria das variáveis de crescimento foram obtidas através das fertirrigações com urina humana associada à manipueira.

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.

ALVES, S. V.; ALVES, S. S. V.; CAVALCANTI, M. L. F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; TEÓFILO, T. M. S. Desempenho produtivo do feijoeiro em função da aplicação de biofertilizante. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.2, p. 113 – 117, 2009.

ARAÚJO, N. C.; FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; GONÇALVES, C. P.; ARAÚJO, F. A. C. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Engenharia na Agricultura**, v.20, n.4, p. 340 - 349, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v20n04a06>

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P.; ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e Produtividade de Milho Fertilizado com Manipueira como Fonte Alternativa de Nutrientes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.9, n.2, p. 31 - 35, 2015.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 718-729, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p718>

BARRETO, M. T. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; MAGALHÃES, A. G.; TAVARES, U. E.; DUARTE, A. S. Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.528-534, 2013. DOI:10.5039/agraria.v8i4a2425

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000500004>

BENETT, C. G. S.; LIMA, M. F.; BENETT, K. S. S.; CAIONE, G.; PELLOSO, M. F. Formas de aplicação e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do feijão-caupi. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 1, p. 17 - 30, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.12971/1449>

BONVIN, C.; ETTER, B.; UDERT, K. M.; FROSSARD, E.; NANZER, S.; TAMBURINI, F.; OBERSON, A. Plant uptake of phosphorus and nitrogen recycled from synthetic source-separated urine. *Ambio*, v. 44, n. 2, p. 217–227, 2015. DOI: 10.1007/s13280-014-0616-6

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**, vol.4 n.2, p. 118 – 130, 2013.

CRUZ, J. S.; SOUSA, E. C.; BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; ALMEIDA, J. M. U.; LUNA, N. S. Comportamento vegetativo do feijão caupi irrigado e adubado sob diferentes doses de biofertilizante orgânico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n.2, Fortaleza, p. 154 - 160, 2014. DOI: 10.7127/rbai.v8n200241

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. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p350-357>

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 manípueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.262–267, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2009, 627p.

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: Embrapa-CNPAP-APA, 1996. 40 p. Documentos, n.65

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2011, 84 p.

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 2017.

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.

LEAL, F. R. R.; LEAL, M. P. C.; ALBUQUERQUE, C. L. C. D. Avaliação do efeito da manípueira em aplicação vias foliar e substrato na produção de coentro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n.3, 2015.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; FILHO, A. F. O.; Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Revista Caatinga**, v.21, n.1, p.120-127, 2008.

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.

PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.236–242, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000300003>

PEREIRA, R. F.; CAVALCANTE, S. N.; LIMA, A. S.; MAIA FILHO, F. C. F.; SANTOS, J. G. R. Crescimento e rendimento de feijão vigna submetido à adubação orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 91 - 96, 2013.

PESSUTI, C. A. A.; HERMES, E.; NEVES, A. C.; SILVA, R. P.; PENACHIO, M. ZENATTI, D. C. Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Ed. especial, v. 4, p.556-564, 2015.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

SANTOS, M. H. V.; ARAÚJO, A. C.; SANTOS, D. M. R.; LIMA, N. S.; LIMA, C. L. C.; SANTIAGO, A. D. Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i4.4819

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milho cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; QUEIROZ, L. M.; FADIGAS, F. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; KIPERSTOK, A. Nitrogen recycling through fertilization of Bermuda grass using human urine diluted in water. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, n.3, p. 164-171, 2016.

SILVA, F. A. M.; VILAS-BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.131-137, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.1340

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. They assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733 – 3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA JUNIOR, J. J.; COELHO, E. F.; SANT'ANA, J. A. V.; SANTANA JUNIOR, E. B.; PAMPONET, A. J. M. Uso da manipueira na bananeira ‘terra maranhão’ e seus efeitos no solo e na produtividade. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 353 - 363, 2012.

SCHWENGBER, J. A. M.; SILVA, F. F.; SMIDERLE, O. J.; SCHWENGBER, D. R. Nodulação do feijão-caupi em função da aplicação de três águas de farinha. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.3, n.2, p. 135-146, 2010.

SOUSA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LOPES, W. S.; LEITE, V. D. Gerenciamento Sustentável de Água Residuária Doméstica. **Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal**, v. 9, n. 1, 2008.

SOUSA, G. G.; SANTOS, E. M.; VIANA, T. V. A.; OLIVEIRA, C. M. B.; ALVINO, F. C. G.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do feijoeiro. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 9, n. 4, p. 76 - 82, 2013.

SOUSA, G. G.; SANTOS, E. M.; VIANA, T. V. A.; OLIVEIRA, C. M. B.; ALVINO, F. C. G.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do feijoeiro. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO - ACSA**, v. 9, n. 4, p. 76-82, 2013.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014. DOI: 10.5327/Z1982-8470201400031824

CAPÍTULO III - Produção do feijão vigna 'Marataoã' fertirrigado com água amarela, manipueira e adubo organomineral

Resumo

Objetivou-se com a presente pesquisa avaliar a produção de feijão vigna fertirrigado com urina humana e manipueira e esses efluentes associados a P como fonte de nutrientes. O experimento foi instalado em uma casa de vegetação localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado composto por quatro repetições e cinco tratamentos caracterizados por fertirrigações com fertilizantes minerais, na forma de NPK (1); orgânicos composta por urina (2), manipueira (3), urina mais manipueira (4) e organomineral composta por urina mais manipueira e fósforo mineral (5) e quatro repetições. Durante todo ciclo de cultivo (120 DAS) foram coletadas as vagens para avaliação do número de vagens por plantas, número de grãos por vagens, comprimento médio de vagens, massa seca da parte aérea e das raízes e índice de colheita. Das sete variáveis analisadas duas (massa seca da parte aérea e índice de colheita) apresentaram diferença significativa entre tratamentos com as médias diferenciando estatisticamente entre si; as fertirrigações com manipueira promove as máximas médias do número de vagens por planta, massa seca de 100 grãos, massa seca das raízes e índice de colheita e que o uso da urina humana ou manipueira podem substituir a adubação mineral composta por NPK na cultura do feijão vigna.

Palavras-chave: Urina humana, ecossaneamento, reciclagem de nutrientes.

Production of beans vigna 'Marataoã' fertirrigado with yellow water, cassava wastewater and organomineral fertilizer

Abstract

The objective of this research was to evaluate the production of beans vigna fertirrigado with human urine and cassava wastewater and these effluents associated with P as nutrient source. The experiment was installed in a greenhouse located at Campus I, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, PB. A completely randomized design was used, consisting of four replicates and five treatments characterized by fertirrigations with mineral fertilizers in the form of NPK (1); human urine (2), cassava wastewater (3), cassava wastewater more urine (4), and organomineral human urine plus cassava wastewater mineral phosphorus (5) and four replicates. During the whole crop cycle (120 DAS) the pods were evaluated for pod number per plant, number of grains per pods, average pod length, dry shoot and root dry mass, and harvest index. Of the seven analyzed variables two (shoot dry mass and harvest index) presented significant difference between treatments with the means differentiating statistically among them; The fertirrigations with manipueira promotes the maximum average number of pods per plant, dry mass of 100 grains, dry mass of the roots and harvest index and that the use of human urine or cassava wastewater can substitute the mineral fertilization composed by NPK in the bean culture vigna.

Key words: Human urine, eco sanitation, recycling nutrients.

1 Introdução

A reciclagem de nutrientes contidos em águas residuárias é uma técnica sustentável, pois minimiza o uso de fertilizantes minerais e os impactos ambientais resultantes da falta de gestão ambiental das águas.

Em conformidade com Sousa *et al.* (2008), nos últimos dez anos diversas pesquisas baseadas na separação de urina e fezes, foram desenvolvidas. A separação de urina pode proporcionar um fertilizante higiênico "gratuito", podendo ser utilizado na agricultura (KVARNSTRÖM *et al.*, 2006). Segundo Karak e Bhattacharyya (2011) a urina é uma fonte valiosíssima de nutrientes que vêm sendo utilizada na agricultura desde tempos antigos.

Outro efluente que apresenta grande potencialidade para a reciclagem dos nutrientes através do reúso agrícola, é a manipueira pois, segundo Conceição *et al.* (2013), é rica em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e pode ser utilizada como potencial fertilizante.

Quanto a pesquisas com uso agrícola de urina humana e manipueira, tem-se que Araújo *et al.* (2015), estudaram as componentes de cultivo da forragem verde hidropônica (FVH) de milho (*Zea mays* L.) fertilizado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes; Santos Júnior *et al.*, (2015), avaliaram os parâmetros de produção de grãos e fitomassa de milho irrigado com urina humana associada a esgoto doméstico; Araújo *et al.* (2012) e Araújo *et al.* (2015) avaliaram o crescimento e a produção de milho fertilizado via foliar com calda de manipueira enquanto Saraiva *et al.* (2007) avaliaram o efeito da aplicação de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho, em ambiente protegido; esses pesquisadores concluíram que o uso agrícola da urina humana e da manipueira apresentou efeito positivo nas variáveis analisadas.

Neste contexto, a presente pesquisa objetivou avaliar a produção do feijão vigna BRS Marataoã fertirrigado com urina humana e manipueira e esses efluentes associados a P como fonte de nutrientes.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, entre os meses de novembro a dezembro de 2015, instalada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande

(UFCEG), na cidade de Campina Grande (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W, 551 m de altitude), estado da Paraíba.

No ambiente de pesquisa foram montadas unidades experimentais compostas de vaso. Os vasos utilizados eram de plástico com 15,0 L de capacidade instalados em espaçamento de 0,80 m entre fileira e 0,50 m dentro da fileira, colocados sob base de tijolos.

Cada vaso foi perfurado na base para introdução de um dreno, ou seja, uma mangueira com 15 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro nominal, a qual foi acoplada a uma garrafa PET com 2,0 L de capacidade para a coleta do efluente de drenagem permitindo sua recirculação no vaso de origem que, tinha por finalidade evitar possíveis perdas de nutrientes lixiviados por excesso de volumes de águas drenado da irrigação. No preenchimento os vasos receberam uma camada de 0,50 kg de brita (número zero) a qual cobriu a base e outra de 15,0 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenoso, devidamente destorroado e peneirado, proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, cujas características analisadas revelaram os seguintes valores: pH (H₂O) = 5,58; CE = 0,56 mmhos cm⁻¹; Al = 0,00 cmolc dm⁻³; Mg = 2,78 cmolc dm⁻³; Ca = 9,07 cmolc dm⁻³; K = 0,33 cmolc dm⁻³; Na = 1,64 cmolc dm⁻³; P = 3,98 mg dm⁻³; S = 13,72 cmolc dm⁻³; CO = 1,70%; MO = 2,93% e d = 1,28 g cm⁻³.

Após o preenchimento dos vasos com o solo se iniciou a irrigação até atingir a capacidade de campo; posteriormente abriram-se as covas e se realizaram as sementeiras depositando cinco sementes por vaso, da cultura feijão vigna, cultivar BRS Marataoã e com 10 dias após a emergência (DAE) realizou-se o desbaste mantendo-se duas plântulas por vaso; aos 36 dias após a sementeira (DAS) realizou-se segundo desbaste deixando-se apenas uma plântula por vaso.

Os volumes de água para as irrigações foram estimados individualmente para cada parcela experimental com turno de rega de 2 dias com base no balanço de água (diferença entre o volume médio aplicado e o drenado suficiente para manter o solo à capacidade de campo acrescido de 20%, com o propósito de suprir as perdas de água por evapotranspiração. A água utilizada na irrigação foi coletada na rede de abastecimento pública da cidade de Campina Grande, PB.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco tratamentos, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de fertirrigações com NPK (Tratamento 1 - NPK); apenas urina humana (Tratamento 2 - U); apenas manureira (Tratamento 3 - M); urina humana mais manureira

(Tratamento 4 – U + M) e urina humana mais manipueira mais fósforo (Tratamento 5 – U + M + P). Os fertilizantes minerais eram compostos de ureia (45,9 % de N), superfosfato simples (18,9 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O).

As fertirrigações foram iniciadas aos 10 dias após a semeadura (DAS). Em cada parcela foram aplicados os equivalentes a 100 mgN kg⁻¹ de solo, 300 mgP kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo, conforme recomendações de Novais *et al.* (1991).

As quantidades de urina humana e manipueira aplicadas em cada parcela, foram estimada com base nas concentrações de nitrogênio e potássio presentes nos efluentes (Tabela 1) e a dose recomendada por Novais *et al.* (1991) (100 mgN kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo).

Para os tratamentos que continham fertilizantes minerais (tratamentos 1 e 5) as fertirrigações foram parceladas em 3 vezes e aplicados aos 10, 20 e 28 DAS; já para os tratamentos que continham urina humana (tratamentos 2), manipueira (tratamentos 3) e urina humana mais manipueira (tratamentos 4 e 5) as fertirrigações foram parceladas em 10 vezes e aplicadas aos 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 e 28 DAS.

A urina humana passou por tratamento, que consistiu no armazenamento em balde de plástico com capacidade para 20,0 L e mantido hermeticamente fechado durante 60 dias antes de ser utilizada. O tratamento dado a manipueira consistiu em digestão anaeróbia por um período de 90 dias em recipiente de plástico com capacidade para 85 litros, porém se deixando um espaço vazio de 10 cm no seu interior e fechada; na tampa do balde foi instalada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 10 cm, para a saída dos gases gerados durante a biodigestão do efluente.

Após o tratamento os efluentes foram analisados, segundo metodologia preconizada no Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005), cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

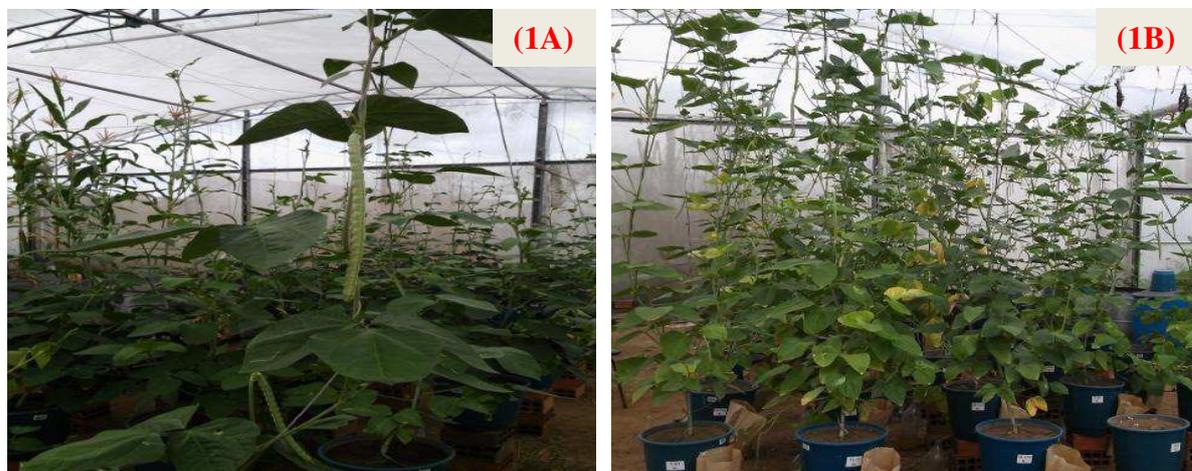
Tabela 1: Caracterização físico-química da urina humana e da manipueira utilizada no experimento.

Efluentes	Parâmetros							pH	CE
	NTK	N-NH ₃	NO ₃	P-PO ₄ ⁻³	K	Na	Ca + Mg		
g L ⁻¹							-	mS cm ⁻¹
Urina	6,668	5,257	0,002	0,325	1,558	2,509	0,034	9,12	42,7
Mani.	1,199	0,336	0,019	0,338	4,004	0,096	2,800	3,75	11,75

NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; N – NH₃: Nitrogênio Amoniacal; NO₃: Nitrato P – PO₄⁻³: Ortofosfato solúvel; K: Potássio; Na: Sódio; Ca + Mg: dureza total; pH: Potencial hidrogeniônico e CE: Condutividade Elétrica.

Durante a fase de frutificação (Figura 1) as vagens, quando secas, eram coletadas e acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e fixados nos vasos.

Figura 1: Experimento com o feijão vigna, cultivar Marataoã aos 60 (1A) e 90 (1B) dias após a semeadura (DAS).



Ao término da colheita (120 DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: número de vagens por planta (NVP), fazendo a contagem de todas as vagens produzidas pela planta durante o ciclo produtivo; comprimento de vagem (CV), realizado através da medição de todas as vagens produzidas por planta; número de grãos por vagem (NGV) realizado através da contagem dos grãos produzidos em cada vagem por planta e massa de 100 grãos (M100g), estimada através da pesagem de três repetições de 100 grãos, obtidos após a debulha das vagens secas em estufa com temperatura controlada em 65 °C durante 72 horas.

Após a colheita as plantas foram coletadas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) - realizada através do corte da planta rente ao solo, secagem (em estufa com temperatura controlada em 65 °C durante 72 horas) e pesagem (balança digital de precisão) da fitomassa produzida durante todo o ciclo de cultivo das plantas. De posse da massa seca da parte aérea e da massa seca dos grãos produzidos em cada parcela, determinou-se o índice de colheita (IC), através da relação matéria seca de sementes dividida por matéria seca total, multiplicando-se por 100.

Após a coleta da parte aérea também foi coletado o sistema radicular, para posterior determinação da massa seca das raízes (MSR).

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos, pelo software ASSISTAT v. 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016), a análise de variância com as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

3 Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância e as médias referentes ao número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (CV), massa de 100 grãos (M100g), massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e índice de colheita (IC), estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resumo da análise de variância e médias do número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (CV, cm), massa seca de 100 grãos (M100g, g), massa seca da parte aérea (MSPA, g planta⁻¹), massa seca das raízes (MSR, g planta⁻¹) e índice de colheita (IC, %) do feijão vigna em função das fertirrigações.

FV	GL	Quadrado Médio						
		NVP	NGV	CV	M100g	MSPA	MSR	IC
Tratamentos	4	29,575 ^{ns}	6,802 ^{ns}	1,893 ^{ns}	2,308 ^{ns}	460,929*	12,560 ^{ns}	208,237**
Resíduo	15	18,550	5,306	1,029	2,028	131,952	10,057	40,960
CV%	-	18,85	18,66	6,07	7,11	11,92	49,60	14,28
Tratamentos		Médias.....						
1 - (NPK)		19,75a	12,32a	17,35a	20,27a	86,59b	7,06a	40,77ab
2 - (U)		22,25a	14,49a	17,33a	20,17a	91,94ab	4,20a	48,18ab
3 - (M)		26,25a	12,29a	16,90a	21,06a	94,51ab	8,40a	54,11a
4 - (U+M)		25,00a	11,22a	15,90a	19,04a	94,09ab	7,40a	45,85ab
5 - (U+M+P)		21,00a	11,38a	16,08a	19,60a	114,72a	4,90a	35,16b

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manipueira; U + M – Urina mais manipueira; U+M+P – Urina humana mais manipueira mais fósforo; (^{ns}, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Conforme a Tabela 2, a análise de variância indicou que houve diferença estatística significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os tratamentos, para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e índice de colheita (IC); o mesmo ocorreu com as médias que se diferenciaram estatisticamente si os valores da MSPA referente aos tratamento 1 (NPK) e 5 (urina + manipueira + fósforo mineral) e o índice de colheita (IC) dos tratamentos 3 (manipueira) e 5 (U+M+P).

As médias das variáveis, número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa seca de 100 grãos (M100g) e das raízes (MSR) não apresentaram diferença estatística entre si.

Os máximos números de vagens por planta e grãos por vagens (NVP e NGV), foram de 26,25 e 14,49, obtidos quando realizadas as fertirrigações com apenas manipueira (3 - M) e urina humana (2 - U), respectivamente. O número de grão por vagem obtido nesta pesquisa foi próximo ao que consta na literatura para à cultivar BRS Marataoã que segundo Freire Filho *et al.* (2005) a média é de 15 grãos.

A máxima média do comprimento de vagens por planta (CV) foi de 17,35 cm, obtido através das fertirrigações com NPK (tratamento 1). Este valor foi bem próximo ao que preconiza a literatura pois, segundo Freire Filho *et al.* (2005), esta cultivar apresenta comprimento da vagem de 18 cm. Em conformidade com Davari *et al.* (2012), o aumento da formação de vagens utilizando adubação orgânica e resíduos de culturas pode ser atribuído ao melhor desenvolvimento da planta devido à utilização eficiente dos nutrientes disponíveis no solo pela planta.

Resultados de NVP, NGN e CV, semelhantes aos da presente pesquisa, foram obtidos por Santos *et al.* (2007) ao avaliarem a resposta do feijão-caupi fertirrigado com biofertilizante.

A máxima média da massa seca de 100 grãos foi de 21,06 g obtida com as fertirrigações de apenas manipueira. Estudando o desempenho produtivo do feijão comum cultivado com esterco bovino, biofertilizante, inoculante, adubação mineral e suas diferentes combinações Martins *et al.* (2015), também não obtiveram diferença estatística significativa entre médias de massa seca de 100 grãos. Com base em Andrade Júnior *et al.* (2002) e Freire Filho *et al.* (2005), a cultivar de feijão vigna BRS Marataoã apresenta em média 15,5 g por 100 sementes; portanto, todos os valores obtidos no presente estudo foram superiores aos da média.

Apresentaram diferença estatística entre si as médias da massa seca da parte aérea referente aos tratamentos 1 (fertirrigações com NPK) e 7 (fertirrigações com urina mais manipueira associadas à adubação mineral). As fertirrigações com urina mais manipueira associadas à adubação mineral, resultaram na máxima média (114,72 g) de massa seca da parte aérea do feijão.

Avaliando o uso de biofertilizante bovino e esgoto sanitário tratado na fertirrigação do feijão vigna, Sousa *et al.* (2013) e Rebouças *et al.* (2010), obtiveram resposta positiva com ganhos em massa seca da parte aérea. Feitosa *et al.* (2015) estudando o crescimento de plantas de feijão vigna fertirrigadas com diferentes concentrações de efluente doméstico e água salina, obtiveram a máxima média de massa seca da parte aérea sob fertirrigação com 100% de esgoto doméstico.

A máxima média da massa seca das raízes foi de 8,4 g planta⁻¹, obtida através das fertirrigações com apenas manipueira. As fertirrigações com manipueira proporcionaram ganho da massa seca das raízes do feijão. Avaliando os efeitos da inoculação com *Bradyrhizobium elkanii* e da adubação com P, K e Mo na cultura do feijão vigna Gualter *et al.*

(2008) encontraram, ao aplicar apenas PK e Mo, obtiveram média de 8,87 g de massa seca de raízes por planta.

O índice de colheita apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos testados para as médias referentes às fertirrigações com maipueira e urina humana mais maipueira associada à adubação com P mineral (5 – U+M+P), sendo que a maior média foi 54,11% obtida através das fertirrigações com manipueira. A menor média do índice de colheita foi de 35,16% obtida através das fertirrigações com o U+M+P. As demais médias não diferenciaram estatisticamente entre si.

Em conformidade com os dados apresentados na Tabela 2 observa-se que, apesar de não haver diferença estatística significativa entre as médias das variáveis, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa seca de 100 grãos e massa seca das raízes, quando fertirrigadas com as águas residuárias que apresentaram valores superiores aos das plantas que eram fertirrigadas com fertilizante químico formulado por NPK. Uma provável explicação para estes resultados pode está relacionado à utilização, pelas plantas do feijão, de outros nutrientes presentes na urina e/ ou manipueira e ausentes nas fontes de N, P e K mineral utilizadas no tratamento controle (1 – NPK).

4 Conclusões

1. Das sete variáveis analisadas apenas a massa seca da parte aérea e o índice de colheita apresentaram diferença significativa entre as médias das plantas submetidas aos tratamentos;
2. As fertirrigações com apenas manipueira proporciona as máximas médias do número de vagens por planta, massa seca de 100 grãos, massa seca das raízes e índice de colheita;
3. A urina humana e a manipueira são fontes de nutrientes que podem ser utilizadas na fertirrigação do feijão vigna;
4. O uso da urina humana ou manipueira podem substituir a adubação mineral composta por NPK na cultura do feijão vigna.

5 Referências Bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte (Sistemas de Produção 2), 2002, 108 p.

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. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Engenharia na Agricultura**, v.20, n.4, p. 340 - 349, 2012.

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P.; ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e Produtividade de Milho Fertilizado com Manipueira como Fonte Alternativa de Nutrientes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.9, n.2, p. 31 - 35, 2015.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 718-729, 2015.

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**, vol.4 n.2, p. 118 – 130, 2013.

DAVARI, M.; SHARMA, S. N.; MIRZAKHANI, M. Residual influence of organic materials, crop residues, and biofertilizers on performance of succeeding mung bean in an organic rice-based cropping system. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 14, 2012.

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p.146-155, 2015.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. M. BRS Marataoã: Nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, p. 771 – 777, 2005.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M.; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: Efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.469-474, 2008.

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 2016.

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.

MARTINS, J. D. L.; MOURA, M. F.; OLIVEIRA, J. P. F.; OLIVEIRA, M.; GALINDO, C. A. F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015. Disponível em: < www.agroambiente.ufrr.br>. Acesso em 22 de agosto de 2016. DOI:10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2583

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.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

SANTOS, J. F.; LEMOS, J. N. R.; NÓBREGA, J. Q.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. M. P.; OLIVEIRA, M. E. C. Produtividade de feijão caupi utilizando biofertilizante e uréia. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.1, n.1, p. 25-29, 2007.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milho cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

SARAIVA, F. Z.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; QUEIROZ, M. M. F.; NÓBREGA, L. H. P.; GOMES, B. M. Uso de manípua no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p. 30–36, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. They assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733 – 3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SOUSA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LOPES, W. S.; LEITE, V. D. Gerenciamento Sustentável de Água Residuária Doméstica. **Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal**, v. 9, n. 1, 2008.

SOUSA, G. G.; SANTOS, E. M.; VIANA, T. V. A.; OLIVEIRA, C. M. B.; ALVINO, F. C. G.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do feijoeiro. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 9, n. 4, p. 76 - 82, 2013.

CAPÍTULO IV - Teores de NPK e S e crescimento do milho 'Potiguar' fertirrigado com água amarela e manipueira

Resumo

O cultivo de milho requer aplicação de fertilizantes o que eleva os custos da produção e pode causar impactos ambientais negativos. Para minimizar estes problemas buscam-se fontes alternativas de fertilizantes. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar os teores dos macronutrientes e o crescimento do milho "Potiguar" fertirrigado com urina humana, manipueira e suas associações com fertilizantes minerais formulados por NPK como fontes de nutrientes para a cultura. O experimento foi instalado em uma casa de vegetação localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por oito tratamentos, caracterizados por sem fertirrigação; fertirrigações com fertilizantes minerais na fórmula de NPK, orgânica composta por água amarela, manipueira e água amarela associada à manipueira; organonominerais composta por água amarela adicionada de PK, manipueira mais NP e água amarela associada à manipueira mais P com cinco repetições distribuídas em um ambiente protegido. Aos 50 dias após a semeadura foram avaliados os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e as variáveis de crescimento: número de folhas, altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, massas fresca e seca das folhas, caule e parte aérea. De acordo com os resultados os teores de nitrogênio e fósforo, e as variáveis de crescimento número de folhas, altura de planta massas fresca e seca das folhas, caule e parte aérea foram influenciados pelos tratamentos. As médias dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio apresentaram valores superiores aos adequados para o cultivo do milho. Concluiu-se que a urina humana apresentou potencialidade para ser utilizada como fonte de nitrogênio na fertirrigação do milho e que a manipueira só poderá ser utilizada na fertirrigação do milho se associada a outras fontes de nutrientes.

Palavras-chave: *Zea mays* L., uso agrícola de resíduos, ecossaneamento, urina humana.

Content of NPK and S contents and growth of 'Potiguar' fertigated corn with yellow water and cassava wastewater

Abstract

Corn cultivation requires fertilizer application, which raises production costs and can cause negative environmental impacts. To minimize these problems, alternative sources of fertilizers are sought. In this context, this work aimed to evaluate the macronutrient contents and the growth of "Potiguar" maize fertirrigated with human urine, cassava wastewater and its associations with mineral fertilizers formulated by NPK as sources of nutrients for the culture. The experiment was installed in a greenhouse located on Campus I of the Federal University of Campina Grande. A completely randomized experimental design was used, consisting of eight treatments, characterized by no fertigation; Fertigations with mineral fertilizers in the NPK formula, organic composed of yellow water, cassava wastewater and yellow water associated with the cassava wastewater; Organonominerals composed of yellow water added

with PK, cassava wastewater plus NP and yellow water associated with the cassava wastewater plus P with five replicates distributed in a protected environment. After 50 days of sowing, nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and leaf growth rates were evaluated: leaf number, plant height, stem diameter, leaf area, fresh and dry masses of leaves, stem and shoot. According to the results the nitrogen and phosphorus contents, and the growth variables number of leaves, plant height fresh and dry masses of leaves, stem and shoot were influenced by the treatments. The mean values of nitrogen, phosphorus and potassium were higher than those for maize. It was concluded that human urine presented potential to be used as a source of nitrogen in maize fertirrigation and that manipueira could only be used in maize fertirrigation if it was associated with other sources of nutrients.

Key words: *Zea mays* L., agricultural use of waste, Ecosystems, Human urine.

1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é caracterizado como uma das culturas de grande importância no cenário agrícola nacional, por sua alta variabilidade de produtos na alimentação humana, consumo *in natura* e uma diversidade de produtos industrializados sendo também forte constituinte da alimentação animal (SILVA *et al.*, 2015). O potencial produtivo da cultura do milho requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas em virtude da grande extração de nutrientes do solo (FARINELLI & LEMOS, 2012). Desta forma, para cultivar o milho e obter boa produção, é necessário suprir a fertilidade do solo que, convencionalmente, é realizada através do uso de fertilizantes minerais que, aumenta os custos da produção e a exploração dos recursos naturais não renováveis.

A utilização de fontes alternativas de fertilizantes surge, portanto, como uma alternativa para minimizar custos com a aquisição de fertilizantes sintéticos e os impactos ambientais resultantes da exploração dos recursos naturais. Neste contexto se destaca o uso agrícola de resíduos orgânicos do saneamento (águas residuárias e lodos de produzidos nos seus sistemas de tratamento, esterco da criação de animais e resíduos sólidos urbanos biodegradáveis).

Dentre as águas residuárias com potencial para o uso agrícola se destacam a urina humana e a manipueira. A urina humana porque, segundo Karak & Bhattacharyya (2011) é um resíduo que apresenta rica fonte de nutrientes que vêm sendo utilizada na agricultura desde tempos antigos, porém em termos de pesquisas científicas poucos estudos foram desenvolvidos; os mais recentes foram os realizados por Araújo *et al.* (2015), Santos Júnior *et al.* (2015), Santos *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2016), que avaliaram o uso agrícola do efluente

no cultivo de forragem verde hidropônica de milho, no cultivo do sorgo e em gramas, respectivamente.

A manipueira é um líquido de aspecto leitoso, de cor amarelo-claro, oriunda das raízes da mandioca por ocasião da prensagem após a ralação, para obter a fécula ou farinha que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como miscelânea de compostos (goma, açúcares, proteínas, linamarina, derivados cianogênicos, substâncias e sais minerais diversos) (TEIXEIRA *et al.*, 2011). Segundo Conceição *et al.*, (2013) o efluente é rico em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e pode ser utilizado como um fertilizante potencial. Nos últimos cinco anos diversas pesquisas analisando o potencial fertilizante de manipueira em culturas agrícolas foram publicadas (DANTAS *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2015; DANTAS *et al.*, 2015; LEAL *et al.*, 2015; PESSUTI *et al.*, 2015; BARRETO *et al.*, 2014; BARRETO *et al.*, 2013).

Em conformidade com o exposto, a urina humana e a manipueira apresentam potencial fertilizante em que seu uso agrícola parece ser uma alternativa para reciclar nutrientes e minimizar o uso de fertilizantes minerais. Portanto, este trabalho objetivou avaliar os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre e o crescimento de milho (*Zea mays* L.) ‘Potiguar’ fertirrigado com urina humana e manipueira como fontes de macronutrientes e esses efluentes associados a fertilizantes minerais.

2 Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro de 2015 a janeiro de 2016, em condições de casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W, 551 m de altitude), estado da Paraíba.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições e oito tratamentos, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de uma testemunha, sem aplicação de fertilizantes (1 – SF); fertirrigações com NPK (tratamento 2 - NPK); apenas urina humana (tratamento 3 - U); apenas manipueira (tratamento 4 - M); urina humana mais manipueira (tratamento 5 – U+M); urina humana mais PK (tratamento 6 – U+PK); manipueira mais NP (tratamento 7 – M+NP) e urina humana, manipueira e P (tratamento 8 – U+M+P). Os fertilizantes minerais eram compostos de ureia (45,9 % de N), superfosfato simples (18,9 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O).

No ambiente de pesquisa foram montadas unidades experimentais compostas por vasos plásticos adaptados como lisímetros de 30 L capacidade, instalados em espaçamento de 1,0 m entre fileira e 0,50 m dentro da fileira.

Cada vaso foi perfurado na base para introdução de um dreno, ou seja, uma mangueira com 15 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro nominal, a qual foi acoplada a uma garrafa plástica com 2,0 L de capacidade para coleta do efluente de drenagem, permitindo sua recirculação no vaso de origem que, tinha por finalidade evitar possíveis perdas de nutrientes lixiviados por excesso de volumes de águas drenado da irrigação. No preenchimento os vasos receberam uma camada de 1,0 kg de brita (número zero) a qual cobriu a base e outra de 34,0 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenoso, devidamente destorroado e peneirado, proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, com as seguintes características: pH (H₂O) = 5,58; CE (extrato de saturação) = 0,56 mmhos cm⁻¹; 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 mg dm⁻³; S = 13,72 cmol_c dm⁻³; CO = 1,70%; MO = 2,93% e d = 1,28 g cm⁻³.

Após o preenchimento dos vasos com o solo, elevou-se o teor de umidade do solo até atingir a capacidade de campo. Posteriormente, realizou-se a semeadura depositando seis sementes por vaso de milho, cultivar Potiguar, aos 15 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso.

A cultivar de milho Potiguar é resultante do programa de melhoramento genético da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA (EMPARN); apresenta ciclo precoce, porte médio, bom empalhamento de espiga e espigas com padrão comercial para o consumo *in natura*; foi adaptada para a Região Nordeste do Brasil (EMPARN, 2017).

Os volumes de água para as irrigações foram estimados individualmente para cada parcela experimental com turno de rega de 2 dias com base no balanço de água (diferença entre o volume médio aplicado e o drenado suficiente para manter o solo à capacidade de campo acrescido de 20%, com o propósito de suprir as perdas de água por evapotranspiração. A água utilizada na irrigação foi coletada na rede de abastecimento pública da cidade de Campina Grande, PB.

As fertirrigações foram iniciadas aos 15 dias após a semeadura (DAS). Em cada parcela foi aplicado o equivalente a 100 mgN kg⁻¹ de solo, 300 mgP kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo, conforme recomendações de Novais *et al.* (1991).

As quantidades de urina humana e manureira aplicadas em cada parcela, foram estimadas com base na dose recomendada por Novais *et al.* (1991) (100 mgN kg⁻¹ de solo e

150 mgK kg⁻¹ de solo) considerando as concentrações de nitrogênio e potássio presentes nos efluentes (Tabela 1).

A urina humana passou por um tratamento que consistiu no armazenamento em balde de plástico com capacidade para 20,0 L mantido hermeticamente fechado durante 60 dias antes de ser utilizada. A maniveira também passou por um tratamento, que consistiu em uma digestão anaeróbia pelo período de 90 dias, em um recipiente de plástico com capacidade para 85 litros deixando-se, porém um espaço vazio de 10 cm no seu interior e fechada. Na tampa do balde foi instalada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 10 cm, para a saída dos gases gerados durante a biodigestão do efluente.

Após o tratamento os efluentes foram analisados segundo metodologia preconizada no Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005) cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização físico-química da urina humana e da maniveira utilizada no experimento.

Efluentes	Parâmetros								
	NTK	N-NH ₃	NO ₃	P-PO ₄ ⁻³	K	Na	Ca + Mg	pH	CE
g L ⁻¹							-	mS cm ⁻¹
Urina	6,668	5,257	0,002	0,325	1,558	2,509	0,034	9,12	42,7
Mani.	1,199	0,336	0,019	0,338	4,004	0,096	2,800	3,75	11,75

NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; N – NH₃: Nitrogênio Amoniacal; NO₃: Nitrato P – PO₄⁻³: Ortofosfato solúvel; K: Potássio; Na: Sódio; Ca + Mg: dureza total; pH: Potencial hidrogeniônico e CE: Condutividade Elétrica.

As fertirrigações com os fertilizantes minerais foram parceladas em 4 vezes e aplicadas aos 15, 22, 29 e 37 DAS; já nos tratamentos que continham urina humana e/ ou maniveira (tratamentos 3, 4, 5, 6, 7 e 8) as fertirrigações foram parceladas em 12 vezes e aplicados aos 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35 e 37 DAS.

Para avaliação das componentes de crescimento aos 50 dias após a semeadura (DAS) (Figura 1) foram avaliadas as seguintes características: número de folhas (NF, folhas por planta), altura de planta (AP, cm), diâmetro caulinar (DC, mm), área foliar (AF, cm²), massa fresca das folhas e do caule (MFF e MFC, g), massa seca das folhas e do caule (MSF e MFC, g), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA, g por planta).

Figura 1: Experimento com a cultivar de milho Potiguar aos 50 DAS, na ocasião em que foram realizadas as avaliações de crescimento.



O número de folhas (folhas por planta) foi determinado através da contagem das folhas existentes na planta, partindo-se das folhas basais até a última folha aberta na planta. A altura de planta (AP, cm) foi determinada com o auxílio de uma trena graduada em centímetros considerando-se a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira; o diâmetro caulinar (DC, mm) foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital, mensurado no primeiro entre nó do caule da planta. A área foliar (AF, cm² por planta) foi estimada segundo o 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. Essa estimativa foi realizada através da Equação 1:

$$A_f = (0,75 \times L \times B) \quad (1)$$

em que: A_f a área foliar da planta (cm²); B, a largura máxima de cada folíolo (cm) e L o comprimento da nervura principal (cm).

Para determinação das massas frescas (g planta⁻¹), uma das plantas de cada repetição experimental foi cortada rente ao solo seccionada em caule e folhas e pesada em balança digital com precisão de 0,01g; posteriormente, as folhas e o caule foram colocados em sacos de papel previamente identificados e levados para secagem em estufa com circulação forçada de ar e temperatura controlada em 65 °C durante 72 horas, para determinação das massas secas (g planta⁻¹).

Após as pesagens as folhas secas das plantas de milho foram trituradas em moinho do tipo “Willey”, para determinar os teores de nutrientes de nitrogênio (N, g kg⁻¹), fósforo (P, g

kg⁻¹), potássio (K, g kg⁻¹) e enxofre (S, mg kg⁻¹). Essas determinações foram realizadas através de análises químicas, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, pelo software ASSISTAT v. 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

3 Resultados e Discussão

De acordo com o resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) (Tabela 2), a ANOVA constatou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre tratamentos para os teores de N e P, indicando que as fertirrigações exerceram influência nessas variáveis; já os teores de K e S não foram influenciados ($p > 0,05$) pelos tratamentos.

Tabela 2: Resumo da análise de variância, médias e faixa de referência para os teores foliares de nutrientes consideradas adequadas e médias dos teores de N, P, K e S nas folhas de milho em função das fertirrigações com urina humana, manípueira e fertilizantes minerais.

FV	GL	Quadrado Médio			
		N	P	K	S
Tratamentos	7	161,54833**	4,38242**	16,7396 ^{ns}	0,00005 ^{ns}
Resíduo	32	2,77667	0,30428	6,6099	0,00002
CV%	-	6,48	18,59	10,97	32,59
Faixa de referencia¹	g kg ⁻¹			
		27-35	2,0-4,0	17-35	1,5-3,0
Tratamentos	Médias (g kg ⁻¹).....			
1 - SF		12,13b	1,33c	19,34a	0,0010a
2 - (NPK)		30,33a	3,39ab	23,80a	0,0179a
3 - (U)		29,87a	2,36bc	21,59a	0,0188a
4 - (M)		15,87b	1,74c	22,10a	0,0112a
5 - (U+M)		29,87a	2,23bc	26,37a	0,0133a
6 - (U+PK)		29,87a	3,94a	23,55a	0,0217a
7 - (M+NP)		28,00a	4,45a	26,08a	0,0118a
8 - (U+M+P)		29,87a	4,31a	24,60a	0,0135a

¹Faixas dos teores foliares de nutrientes considerada adequada para a cultura do milho (MALAVOLTA *et al.*, 1997; EMBRAPA, 2009); FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; SF – Sem fertirrigação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manípueira; U + M – Urina mis manípueira; U + PK – Urina mais fósforo e potássio; M + NP – Manípueira mais nitrogênio e fósforo; U+M+P – Urina humana mais manípueira mais fósforo; (^{ns}, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Quanto às médias dos teores foliares de N, foi constatada diferença estatística significativa entre si referente aos tratamentos 1 (sem aplicação de fertilizantes) e 3 (fertirrigação com maipueira) em relação aos demais tratamentos (2, 4, 5, 6, 7 e 8) (Tabela 2).

As mínimas médias de N foram de 12,13 g kg⁻¹ obtidas sem aplicação de fertilizantes (1 – SF) e 15,87 g kg⁻¹ através das fertirrigações com maipueira (4 – M) e máxima de 30,33 g kg⁻¹ obtida através das fertirrigações com NPK mas não se diferenciando estatisticamente entre as médias dos tratamentos 3 (U), 5 (U+M), 6 (U+PK), 7 (M+NP) e 8 (U+M+P). Este valor foi superior ao encontrado por Malafaia *et al.* (2016) que, ao avaliar os efeitos do uso de vermicomposto de lodo de curtume e fertirrigação com água residuária doméstica na fertilização de milho cultivar LG 6036 obtiveram teores foliares máximos de 3,26 g kg⁻¹ de N. Farinelli e Lemos (2012) estudando os efeitos da fertilização nitrogenada em cobertura na cultivar do milho híbrido triplo DKB 466, obtiveram média de 28,33 gN kg⁻¹ ao fertilizar com 120 t ha⁻¹ de ureia. Prior *et al.* (2015) ao estudarem os efeitos da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo, obtiveram teor foliar de N de 22,66 g kg⁻¹ através da fertirrigação com 450 m³ ha⁻¹ da água residuária.

Para as médias dos teores foliares de P, o teste de Tukey (Tabela 2) indicou que se diferenciaram estatisticamente entre si quando as plantas não eram fertilizadas (1 - SF) e quando fertirrigadas com maipueira (3 – M) em relação aos demais tratamentos (2 - NPK, 4 - M, 5 - U+M, 6 - U+PK, 7 - M+NP e 8 - M+U+P).

A máxima média dos teores de P determinada nas folhas das plantas de milho foi de 4,45 g kg⁻¹ obtida através das fertirrigações com maipueira associada a nitrogênio mineral e fósforo (7 – M+NP) e não se diferenciaram estatisticamente entre si quando o milho era fertirrigado com urina associada a fertilizantes minerais (6 – U+PK), maipueira associada a fertilizantes minerais (7 – M+NP) e urina e maipueira associada a fósforo mineral (8 – U+M+P). Os teores de fósforo corroboram com os obtidos por Barreto *et al.* (2014) que ao estudarem o desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho biofertilizadas com dose de 44,8 m³ ha⁻¹ maipueira obtiveram 3,56 g kg⁻¹ de P.

De acordo com valores das médias, observa-se que com exceção da testemunha (1 – SF) e das fertirrigações com apenas maipueira (3 – M) os demais tratamentos (2 – NPK, 3 – U, 5 – U+M, 6 – U+PK, 7 – M+NP e 8 – U+M+P) supriram as necessidades de N e P requerida pela cultura do milho, pois apresentaram médias superiores a faixa considerada adequada para a cultura do milho (MALAVOLTA *et al.*, 1997; EMBRAPA, 2009),

evidenciando que o N e o P presente na urina humana e nos fertilizantes minerais utilizados nas fertirrigações, foram intensamente absorvidos pelas plantas.

Com exceção das fertirrigações com manipueira e sem fertirrigação, os demais tratamentos apresentaram teores de P superiores a faixa considerada adequada (MALAVOLTA *et al.*, 1997; EMBRAPA, 2009) indicando efeito positivo das fertirrigações com urina (3 – U), manipueira associada a urina (5 – U+M), NPK (tratamento 2 - NPK) e estes fertilizantes minerais associados aos efluentes utilizados (U+PK, M+NP e U+M+P).

Apesar das análises estatísticas não terem constatado efeito significativo entre tratamento e entre médias para os teores de K (Tabela 2), pode-se observar que, para todos os tratamentos, os teores foliares de K estão em conformidade com a faixa considerada adequada (17 a 35 g kg⁻¹) para o desenvolvimento da cultura. A máxima média dos teores foliares de K foi de 26,37 g kg⁻¹, obtida através das fertirrigações com urina associada à manipueira (5 – U+M). Por outro lado, os teores de S estão todos abaixo da faixa adequada (1,5 a 3,0 g kg⁻¹).

Em conformidade com os valores das médias para os teores de K e S da Tabela 2, observa-se que todos os tratamentos caracterizados por fertirrigações apresentaram teores de K e S superiores ao tratamento testemunha (1 – SF), evidenciando que os nutrientes presentes nas fontes nutritivas utilizadas nas fertirrigações (urina humana, manipueira, NPK) foram absorvidos pelas plantas.

Uma provável explicação para os baixos teores foliares dos nutrientes analisados nas plântulas de milho sem fertilização (1 – SF) está relacionada à deficiência nutricional que não foi suprida durante a condução do experimento, pois o tratamento testemunha (1 – SF) tinha por finalidade indicar se as plantas utilizariam os nutrientes aplicados nos demais tratamentos. Esta hipótese foi confirmada, pois os teores foliares de N, P, K e S analisados nas plantas de milho submetidas às fertirrigações com tratamentos que continham nutrientes (NPK, urina humana e manipueira) apresentaram valores superiores ao tratamento testemunha.

Os baixos teores foliares de N e P obtidos nas folhas do milho submetido às fertirrigações com apenas manipueira (4 – M) podem estar relacionados à acidez e deficiência do nitrogênio da manipueira, pois de acordo com os dados da Tabela 1 o efluente apresentou o potencial hidrogeniônico de 3,75 unidades de pH (ácido) e concentração de 1,199 gN L⁻¹ de nitrogênio total Kjeldahl, ou seja, aproximadamente 5,50 gN L⁻¹ a menos que a urina humana.

A análise de variância realizada para o número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) do milho (Tabela 3), indicou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre tratamentos, para as variáveis NF e AP.

Tabela 3: Resumo da análise de variância e médias para o número de folhas por planta (NF), altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF) do milho fertirrigado com urina humana e manipueira.

FV	Quadrado Médio				
	GL	NF	AP	DC	AF
Tratamentos	7	2,9598**	1487,0669**	2,4327 ^{ns}	4408,4588 ^{ns}
Resíduo	32	0,6354	86,6771	2,1740	2266,9495
CV%	-	5,51	5,66	7,65	10,46
.....Medias.....					
Tratamentos	(folhas planta ⁻¹)	(cm)	(mm)	(cm ² planta ⁻¹)	
1 - SF	12,50b	129,75b	17,86a	411,41a	
2 - (NPK)	14,75a	169,00a	18,61a	423,14a	
3 - (U)	14,50a	176,00a	20,03a	495,91a	
4 - (M)	14,25ab	138,50b	18,74a	419,41a	
5 - (U+M)	15,25a	171,25a	20,06a	467,74a	
6 - (U+PK)	14,50a	171,25a	19,68a	473,03a	
7 - (M+NP)	15,00a	182,00a	19,58a	491,60a	
8 - (U+M+P)	15,00a	177,50a	19,56a	460,78a	

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; SF - Sem fertirrigação; NPK - Nitrogênio, fósforo e potássio; U - Urina humana; M - Manipueira; U + M - Urina mais manipueira; U + PK - Urina mais fósforo e potássio; M + NP - Manipueira mais nitrogênio e fósforo; U+M+P - Urina humana mais manipueira mais fósforo; (^{ns}, ^{**}, ^{*}) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Conforme o teste de comparação de médias houve diferença estatística significativa entre si para as variáveis NF e AP e não significativa para o DC e AF (Tabela 3). As médias do NF por plantas de milho se diferenciaram estatisticamente entre si quando não foram fertilizadas (1 - SF) e quando fertirrigadas com manipueira (4 - M), em relação aos demais tratamentos (2 - NPK, 3 - U, 5 - U+M, 6 - U+PK, 7 - M+NP e 8 - U+M+P) que, não se diferenciaram entre si; a mínima e a máxima média do NF foram de 12,50 e 15,25 folhas por planta obtidas sem fertilização (1 - SF) e através das fertirrigações com urina associada a manipueira (5 - U+M), respectivamente.

Para a altura de planta (AP) se diferenciaram estaticamente ente os demais tratamentos (2, 3, 5, 6, 7 e 8) as médias das plantas que não foram fertilizadas (1 - SF) e fertirrigadas com manipueira (4 - M); as mínimas médias foram de 129,75 e 138,50 cm também obtidas sem fertilização (1 - SF) e fertirrigações com manipueira (4 - M), respectivamente; os valores das médias máximas foram de 177,50 e 182,00 cm obtidas através das fertirrigações com urina humana associada a manipueira e ao P mineral (8 - U+M+P) e manipueira associada a NP mineral (7 - M+NP), respectivamente.

Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Costa *et al.* (2014) que, ao avaliarem altura e número de folhas de milho fertirrigado com esgoto doméstico tratado, obtiveram resposta significativa e máximas médias obtidas através da aplicação de 100% da

água residuária. Costa *et al.* (2009) avaliaram a altura de planta de milho fertirrigado com água residuária, também obtiveram respostas significativas, com média superior a do tratamento que foi irrigado apenas com água de abastecimento.

As médias máximas do diâmetro caulinar e área foliar foram de 20,06 mm e 495,91 cm² por planta, obtidas através das fertirrigações com urina associada à manipueira (5 – U+M) e urina humana (3 – U), respectivamente.

Na Tabela 4 estão os resultados da análise de variância e médias das variáveis massas fresca das folhas (MFF), do caule (MFC) e da parte aérea (MFPA); massas secas das folhas (MSF), do caule (MSC) e da parte aérea (MSPA) do milho Potiguar em função das fertirrigações. Em conformidade com a análise de variância, houve diferença estatística significativa ($p < 0,01$) para todas as variáveis estudadas.

Tabela 4: Resumo da análise de variância e médias para a massa fresca das folhas e do caule (MFF e MFC), massas seca das folhas e do caule (MSF e MSC), massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) de milho fertirrigado com urina humana e manipueira.

FV	GL	Quadrado Médio					
		MFF	MFC	MSF	MSC	MFPA	MSPA
Tratamentos	7	6252,5314**	27793,6008**	191,1182**	321,4263**	55386,1862**	883,4954**
Resíduo	32	640,2353	1188,7939	10,5078	26,8629	1767,8717	43,3226
CV%	-	15,82	9,29	9,38	11,18	7,99	8,25
Tratamentos		Médias (g)					
1 - SF		118,17cd	237,03b	26,67b	32,69b	351,63b	59,22b
2 - (NPK)		147,83bcd	411,95a	34,63a	52,81a	559,78a	86,47a
3 - (U)		157,83abc	434,03a	35,04a	52,82a	585,53a	86,91a
4 - (M)		90,91d	240,28b	21,74b	31,36b	330,97b	52,83b
5 - (U+M)		181,04ab	398,63a	39,29a	51,57a	575,18a	90,58a
6 - (U+PK)		207,24a	443,67a	38,28a	50,85a	652,74a	87,73a
7 - (M+NP)		185,49ab	404,26a	39,21a	48,47a	581,31a	85,57a
8 - (U+M+P)		190,70ab	399,34a	41,61a	50,29a	573,54a	89,18a

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; SF – Sem fertirrigação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manipueira; U + M – Urina mis manipueira; U + PK – Urina mais fósforo e potássio; M + NP – Manipueira mais nitrogênio e fósforo; U+M+P – Urina humana mais manipueira mais fósforo; (ns, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

As médias também apresentaram diferença estatística entre em função dos tratamentos testados. Os máximos valores das médias para MFF, MFC e MFPA foram de 207,24; 443,67 e 652,74 g, respectivamente, obtidas através das fertirrigações com urina humana associada aos fertilizantes minerais (PK) (6 – U+PK). Para as variáveis MSF, MSC e MSPA as máximas médias 41,61; 52,82 e 90,58 g obtidas através das fertirrigações com urina humana associada a manipueira e essas associada ao P mineral (8 – U+M+P), urina humana (3 - U) e urina humana associada a manipueira (5 – U+M), respectivamente.

De acordo com os dados da Tabela 4, as fertirrigações com apenas manipueira (4 – M) causou diminuição nas variáveis MFF, MSF, MSC, MFPA e MSPA. Quando comparadas com a testemunha (1 – SF) as perdas de massas foram de 27,26; 4,98; 1,33; 20,66 e 6,39 g, respectivamente, sugerindo que os nutrientes presentes na manipueira, aplicada via fertirrigações, não foram assimilados pelas plantas, fato este comprovado através dos resultados da análise foliar que apresentou concentrações de N e P abaixo da faixa considerada adequada para a cultura do milho (Tabela 2).

Esses efeitos podem estar relacionados ao baixo pH (3,75) e concentração de N (1,199 g L⁻¹) presente na manipueira (Tabela 1) fornecida via fertirrigação através do tratamento 4 (fertirrigações com manipueira), pois foi aplicada a quantidade de manipueira equivalente a 150 mg de K por quilo de solo, segundo recomendação de Novaes *et al.* (1991). Este fato é comprovado porque quando as plantas do milho eram fertirrigadas com manipueira associada à urina humana (tratamentos 5 – U+M e 8 – U+M+P) ou a ureia mais fósforo (7 – M+NP) as variáveis NF, AP, DC, AF (Tabela 6) e MFF, MSF, MFC, MSC, MFPA e MSPA (Tabela 4) foram superiores à testemunha (1 - SF) e as fertirrigações com manipueira (4 – M). Esta afirmativa corrobora com o resultado obtido por Barreto *et al.* (2014) que ao investigar o crescimento e o acúmulo de nutrientes por plantas de milho cultivadas em dois solos com texturas distintas e submetidas às doses crescentes de manipueira, observaram efeito linear crescente para matéria fresca e seca da parte aérea das plantas e concentrações foliares de N em função das doses de manipueira e máximas médias quando utilizaram a máxima dose de manipueira sugerindo que os nutrientes presentes na manipueira foram bem aproveitados pelas plantas.

4 Conclusões

1. A urina humana apresentou potencialidade para ser utilizada como fonte de nitrogênio na fertirrigação do milho;
2. A manipueira poderá ser utilizada na fertirrigação do milho se associada a outras fontes de nutrientes;
3. O uso de urina humana associada à manipueira e aplicadas via fertirrigação é uma alternativa para minimizar o uso de fertilizantes minerais necessários à fertilização do milho e reciclar nutrientes que geralmente são desperdiçados;

4. Os máximos teores foliares de N foram proporcionadas através das fertirrigações com NPK, urina humana, urina humana associada à manipueira e essas associada aos fertilizantes minerais;
5. Os máximos teores foliares de P foram proporcionados pelas fertirrigações com urina associada à PK, manipueira associada a NP e urina associada a manipueira e a P.

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.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 718-729, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p718>

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P.; ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e produtividade de milho fertilizado com manipueira como fonte alternativa de nutrientes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.9, n.2, p. 31 - 35, 2015.

BARRETO, M. T. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; MAGALHÃES, A. G.; TAVARES, U. E.; DUARTE, A. S. Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.528-534, 2013. DOI:10.5039/agraria.v8i4a2425

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000500004>

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

COSTA, Z. V. B.; GURGEL, M. T.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.4, p.737-751, 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1417>.

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. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p350-357>

DANTAS, M. S. M.; Rolim, M. M.; Duarte, A. S.; Lima, L. E.; Silva, M. M. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.1, p. 077-082, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764010011>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2009, 627 p.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA. **Milho Potiguar**. Caicó, RN, 2011. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000017903.PDF>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2017.

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**, Ontario, v.9, p.537-539, 1969.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.

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.

LEAL, F. R. R.; LEAL, M. P. C.; ALBUQUERQUE, C. L. C. D. Avaliação do efeito da manipueira em aplicação vias foliar e substrato na produção de coentro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n.3, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALAFAIA, G.; ARAÚJO, F. G.; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. L. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, 2016. doi:10.4136/ambi-agua.1680

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.

PESSUTI, C. A. A.; HERMES, E.; NEVES, A. C.; SILVA, R. P.; PENACHIO, M. ZENATTI, D. C. Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Ed. especial, v. 4, p.556-564, 2015.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; DIETER, J.; COSTA, M. S. S. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.4, p.744-755, 2015. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milheto cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; GHEYI, H. R.; QUEIROZ, L. M.; PAZ, V. P. S.; LINGE, C. S.; KIPERSTOK, A. Bermudagrass fertilization with human urine as a tool to close nutrient cycles: The use of micronutrients. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.32, p. 3189-3199, 2015. DOI: 10.5897/AJAR2015.9942

SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; QUEIROZ, L. M.; FADIGAS, F. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; KIPERSTOK, A. Nitrogen recycling through fertilization of Bermuda grass using human urine diluted in water. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, n.3, p. 164-171, 2016.

SILVA, J. N.; LINHARES, P. C. A.; FIGUEREDO, J. P.; IRINEU, T. H. S.; SILVA, J. N.; ANDRADE, R. Crescimento do milho bandeirante sob lâminas de irrigação e mulching. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.4, p.87-96, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. They assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research (AJAR)**, v. 11, n. 39, p. 3733 – 3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

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**. Rio Branco, AC: EMBRAPA, 2011, 6 p. (Comunicado Técnico, 179). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/912040/1/manipueira.pdf>>. Acesso em 02 de maio de 2017.

CAPÍTULO V - Produção de milho 'Potiguar' fertirrigado com água amarela e manipueira

Resumo

A fertirrigação com águas amarelas e manipueira pode ser uma opção atrativa em razão da ciclagem dos nutrientes e redução de custos com aquisição de fertilizantes minerais. Esta pesquisa objetivou avaliar a produção de milho Potiguar fertirrigado com urina, manipueira essas associadas à NPK. O experimento foi instalado em uma casa de vegetação localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, na Cidade de Campina Grande, PB. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por oito tratamentos caracterizados por sem fertilização; fertirrigações com fertilizantes minerais na fórmula de NPK, orgânica composta por água amarela, manipueira, água amarela associada à manipueira; organonominerais composta por água amarela adicionada de PK, manipueira mais NP e água amarela associada à manipueira mais P, com cinco repetições. Aos 110 dias após emergência foram avaliados comprimento e diâmetro da espiga, número de grão por espiga, fileiras de grãos por espigas, grãos por fileira, massa seca da parte aérea, massa seca da espiga com e sem palha, massa seca dos grãos e massa seca de 100 grãos. Com exceção da massa seca de 100 grãos, houve diferença estatística significativa entre tratamentos e entre médias analisadas. A urina humana e a manipueira aplicadas via fertirrigação podem substituir a adubação mineral nitrogenada e potássica, respectivamente, requerida pela cultura do milho e que urina humana associada à manipueira, aplicada via fertirrigação, apresenta potencialidade para substituir a adubação mineral requerida pela cultura do milho cultivar Potiguar.

Palavras-chave: *Zea mays* L., ecossaneamento, urina humana, reciclagem de nutrientes.

Production of maize 'Potiguar' fertirrigado with yellow water and cassava wastewater

Abstract

Fertirrigation with yellow water and cassava wastewater can be an attractive option due to the recycling of nutrients and reduction of costs with the acquisition of mineral fertilizers. The objective of this research was to evaluate the production of Potiguar maize fertirrigado with urine, cassava wastewater those associated with NPK. The experiment was installed in a greenhouse located at Campus I, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, PB. A completely randomized experimental design was used, consisting of eight treatments characterized by no fertilization; Fertigations with mineral fertilizers in the NPK formula, organic composed of yellow water, cassava wastewater, yellow water associated with the cassava wastewater; Organonominerals composed of yellow water added with PK, cassava wastewater plus NP and yellow water associated with the cassava wastewater plus P, with five replicates. At 110 days after emergence, the length and diameter of the spike, number of grain per spike, rows of grain per spike, grain per row, dry mass of the aerial part, dry mass of the spike with and without straw, dry mass of the grains and mass Dry of 100 grains. With the exception of the dry matter of 100 grains, there was a statistically significant difference

between treatments and between analyzed means. Human urine and manure applied via fertirrigation can substitute the nitrogen and potassium fertilization, respectively, required by the maize crop, and that human urine associated with the cassava wastewater, applied via fertirrigation, has the potential to replace the mineral fertilization required by the cultivation of corn cultivar Potiguar.

Key words: *Zea mays* L. eco sanitation, human urine, recycling nutrients.

1 Introdução

O uso ou reúso agrícola de resíduos orgânicos é uma alternativa sustentável para reciclar nutrientes e minimizar os impactos ambientais negativos resultantes da destinação final inadequada de resíduos. A utilização de resíduos como fertilizantes na atividade agrícola pode trazer benefícios ao desenvolvimento da cultura (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Segundo Karak e Bhattacharyya (2011) um resíduo que apresenta rica fonte de nutrientes é a urina humana que vem sendo utilizada na agricultura desde tempos antigos; porém, em termos de pesquisa científica, poucos estudos foram desenvolvidos; os mais recentes foram os realizados por Araújo *et al.* (2015), Santos Júnior *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2016), Botto *et al.* (2017) que avaliaram o uso agrícola do efluente no cultivo de forragem verde hidropônica de milho, no cultivo do sorgo, gramas e mamona, respectivamente.

Outro resíduo que apresenta grande potencialidade para a reciclagem dos nutrientes, através do uso agrícola, é a manipueira, haja visto que, segundo Conceição *et al.* (2013) o efluente é rico em macro e micronutrientes. Nos últimos cinco anos diversas pesquisas analisando o potencial fertilizante na manipueira em culturas agrícolas foram publicadas: Barreto *et al.* (2014) estudaram o desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho; Araújo *et al.* (2015) avaliaram o crescimento e a produtividade de milho fertilizado via foliar; Dantas *et al.* (2015) analisaram o crescimento do girassol; Leal *et al.* (2015) avaliaram os efeitos das adubações via foliar e substrato na produção do coentro; Pessuti *et al.* (2015) estudaram o cultivo da soja e Dantas *et al.* (2017) que, estudaram uso do efluente como fonte de nutrientes nos componentes morfológicos e de produção do girassol. Todas essas pesquisas indicaram que o efluente apresenta potencial fertilizante para ser reciclado em cultivos agrícolas.

De acordo com o exposto, foram muitos estudos realizados com a manipueira e alguns com a urina humana em cultivo agrícola, porém ainda são escassos estudos com associação dos dois efluentes (Araújo *et al.*, 2014). Neste contexto, o uso de urina humana associada à

manipueira pode, portanto, ser uma alternativa viável para a fertirrigação de milho (*Zea mays* L.), pois esses efluentes contêm concentrações consideráveis de nutrientes, sobretudo nitrogênio e potássio que juntamente com o fósforo são os principais macronutrientes requeridos pela cultura. Portanto, este trabalho objetivou avaliar a produção de milho Potiguar fertirrigado com urina humana associada à manipueira e essas associadas a fertilizantes minerais.

2 Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro de 2015 a fevereiro de 2016, em condições de casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande (7° 13' 50" S, 35° 52' 52" W, 551 m de altitude), estado da Paraíba.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito tratamentos, totalizando 32 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram de uma testemunha sem fertirrigação (tratamento 1 – SF); fertirrigações com NPK (tratamento 2 - NPK); apenas urina humana (tratamento 3 - U); apenas manipueira (tratamento 4 - M); urina humana mais manipueira (tratamento 5 – U+M); urina humana mais PK (tratamento 6 – U+PK); manipueira mais NP (tratamento 7 – M+NP) e urina humana, manipueira e P (tratamento 8 – U+M+P). Os fertilizantes minerais eram compostos por ureia (45,9 % de N), superfosfato simples (18,9 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O).

No ambiente de pesquisa foram montadas unidades experimentais compostas por vasos plásticos adaptados como lisímetros de 30 L capacidade, instalados em espaçamento de 1,0 m entre fileira e 0,50 m dentro da fileira.

Cada vaso foi perfurado na base para introdução de um dreno, ou seja, uma mangueira com 15 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro nominal, a qual foi acoplada a uma garrafa plástica com 2,0 L de capacidade para coleta do efluente de drenagem, permitindo sua recirculação no vaso de origem que, tinha por finalidade evitar possíveis perdas de nutrientes lixiviados por excesso de volumes de águas drenado da irrigação. No preenchimento os vasos receberam uma camada de 1,0 kg de brita (número zero) a qual cobriu a base e outra de 34,0 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, devidamente destorroado e peneirado, proveniente da zona rural do município de Esperança, PB, com as seguintes características: pH (H₂O) = 5,58; CE (extrato de saturação) = 0,56 mmhos cm⁻¹; Al = 0,00 cmol_c dm⁻³

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 mg dm⁻³; S = 13,72 cmol_c dm⁻³; CO = 1,70%; MO = 2,93% e d = 1,28 g cm⁻³.

Após o preenchimento dos vasos com o solo elevou-se o teor de umidade do solo até atingir a capacidade de campo; posteriormente realizou-se a semeadura depositando cinco sementes por vaso de milho, cultivar Potiguar; aos 15 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso, sendo que aos 50 DAS uma dessas foi coletada permanecendo a outra para avaliação da produção.

A cultivar de milho Potiguar é resultante do programa de melhoramento genético da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA (EMPARN); apresenta ciclo precoce, porte médio, bom empalhamento de espiga e espigas com padrão comercial para o consumo *in natura* e foi adaptada para a Região Nordeste do Brasil (EMPARN, 2017).

Os volumes de água para as irrigações foram estimados individualmente para cada parcela experimental com turno de rega de 2 dias com base no balanço de água (diferença entre o volume médio aplicado e o drenado suficiente para manter o solo à capacidade de campo acrescido de 20%, com o propósito de suprir as perdas de água por evapotranspiração. A água utilizada na irrigação foi coletada na rede de abastecimento pública da cidade de Campina Grande, PB.

As fertirrigações foram iniciadas aos 15 dias após a semeadura (DAS). Em cada parcela foi aplicado o equivalente a 100 mgN kg⁻¹ de solo, 300 mgP kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo, conforme recomendações de Novais *et al.* (1991).

As quantidades de urina humana e manureira aplicadas em cada parcela, foram estimadas com base na dose recomendada por Novais *et al.* (1991) (100 mgN kg⁻¹ de solo e 150 mgK kg⁻¹ de solo) considerando-se as concentrações de nitrogênio e potássio presentes nos efluentes (Tabela 1).

A urina humana passou por tratamento que consistiu no armazenamento em balde de plástico com capacidade para 20,0 L e mantido hermeticamente fechado durante 60 dias antes de ser utilizada. A manureira também passou por um tratamento, que consistiu em uma digestão anaeróbia pelo período de 90 dias, em um recipiente de plástico com capacidade para 85 litros, deixando-se porém, um espaço vazio de 10 cm no seu interior e fechada. Na tampa do balde foi instalada uma mangueira com a outra extremidade mergulhada num recipiente com água na altura de 10 cm, para a saída dos gases gerados durante a biodigestão do efluente.

Após o tratamento os efluentes foram analisados segundo metodologia preconizada no Standard Methods for Wastewater (APHA, 2005), cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização físico-química da urina humana e da manipeira utilizada no experimento.

Efluentes	Parâmetros								
	NTK	N-NH ₃	NO ₃	P-PO ₄ ⁻³	K	Na	Ca + Mg	pH	CE
g L ⁻¹								
Urina	6,668	5,257	0,002	0,325	1,558	2,509	0,034	9,12	42,7
Mani.	1,199	0,336	0,019	0,338	4,004	0,096	2,800	3,75	11,75

NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; N – NH₃: Nitrogênio Amoniacal; NO₃: Nitrato P – PO₄⁻³: Ortofosfato solúvel; K: Potássio; Na: Sódio; Ca + Mg: dureza total; pH: Potencial hidrogeniônico e CE: Condutividade Elétrica.

As fertirrigações com os fertilizantes minerais foram parceladas em 4 vezes e aplicadas aos 15, 22, 29 e 37 DAS; já nos tratamentos que continham urina humana e/ ou manipeira (tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7) as fertirrigações foram parceladas em 12 vezes e aplicadas aos 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35 e 37 DAS.

Para avaliação das componentes de produção, aos 110 dias após a emergência (DAE) (Figura 1), todas as espigas e parte aérea das plantas foram coletadas e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel previamente identificados para secagem em estufa com temperatura controlada em 65 °C durante 72 horas.

Figura 1: Experimento com a cultivar de milho Potiguar aos 110 DAE, na ocasião em que foram coletadas as espigas e as plantas.



Após a secagem foram realizadas as seguintes determinações: Massa seca da parte aérea (MSPA), determinada através da pesagem de todas as folhas mais colmo com panícula coletadas em parcela (g por planta); massa seca de espiga com palha (MSE_p), estimada através da pesagem da espiga com palha coletada em cada parcela (g por planta); massa seca de espiga despalhada (MSE_d), mensurada através da pesagem das espigas sem palha coletada em cada parcela (g por planta); comprimento da espiga despalhada (CE_d): com as espigas já desempalhadas foi medida a distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa obtendo-se, assim, o valor médio do comprimento da espiga em centímetros; diâmetro da espiga despalhada (DE_d), obtido na região mediana da espiga sem palha e com auxílio de um paquímetro digital (mm); número de filas de grãos por espiga (NFG), determinados mediante simples contagem das fileiras nas espigas amostradas; número de grãos por espiga (NGE), determinados mediante simples contagem dos grãos em cada espigas amostradas; número de grãos por fileira (NGF), determinado mediante simples contagem dos grãos presentes em cada fileira das espiga amostrada.

Após a debulha das espigas foi determinada a massa seca dos grãos (MSG), obtida através da pesagem de todos os grãos coletados em cada parcela e massa seca de 100 grãos (M100 g), obtida através da pesagem de 100 grãos. Todas as pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,001 g.

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, pelo software ASSISTAT v. 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

3 Resultados e Discussão

De acordo com a Tabela 2, houve diferença dos tratamentos sob todas as variáveis avaliadas, pois a análise de variância indicou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre os tratamentos. Estes resultados diferem dos obtidos por Goes *et al.* (2012) que ao estudarem os efeitos de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em sistema de plantio direto não obtiveram respostas significativas para comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de grão por espiga (NGE), número de fileiras de grãos por espigas (NFG) e número de grãos por fileira (NGF).

Tabela 2: Resumo da análise de variância e médias do comprimento da espiga (CE_d, cm), diâmetro da espiga (DE, mm), número de grão por espiga (NGE), número de fileiras de grãos por espigas (NFGE) e número de grãos por fileira (NGF) de milho fertirrigado com urina humana e manípueira.

FV	GL	Quadrado Médio				
		CE _d	DE	NGE	NFGE	NGF
Tratamentos	7	20,30544**	45,13123**	115513,31696**	15,49554**	463,31452**
Resíduo	24	7,86122	6,08717	6461,96875	3,40625	24,79629
CV%	-	19,95	5,73	18,24	12,43	16,64
Tratamentos		Médias				
1 - SF		11,74ab	36,89c	110,75b	10,50b	9,82b
2 - (NPK)		13,00ab	46,57a	554,00a	16,50a	33,59a
3 - (U)		15,12ab	42,81ab	478,25a	14,00ab	35,60a
4 - (M)		10,25b	39,40bc	244,00b	15,25a	16,44b
5 - (U+M)		15,25ab	44,63ab	556,00a	15,50a	36,12a
6 - (U+PK)		17,00a	42,90ab	505,25a	14,50ab	34,97a
7 - (M+NP)		17,00a	45,17ab	496,00a	16,00a	32,56a
8 - (U+M+P)		15,87ab	45,91a	581,50a	16,50a	40,32a

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; SF – Sem fertirrigação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manípueira; U + M – Urina mis manípueira; U + PK – Urina mais fósforo e potássio; M + NP – Manípueira mais nitrogênio e fósforo; U+M+P – Urina humana mais manípueira mais fósforo; (ns, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

O comprimento de espigas (CE_d) apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos com fertirrigações de apenas manípueira (4 – M) que proporcionou o menor valor (10,25 cm). A máxima média do CE_d foi de 17,00 cm obtida quando as fertirrigações foram com urina humana associada aos fertilizantes fosfatados e potássicos (6 – U+PK) e manípueira associada a fertilizantes nitrogenados e fosfatados (7 – M+NP). Por outro lado, os demais tratamentos não se diferenciaram entre si (p > 0,05). Comprimentos médio de espigas de milho semelhantes aos da presente pesquisa, foram obtidos por Moraes *et al.* (2014) ao avaliarem a utilização de dejetos líquidos de suínos em substituição à adubação mineral da cultura de milho em cultivado em Latossolo Vermelho de textura muito argilosa.

Segundo Kappes *et al.* (2009) e Goes *et al.* (2012), o comprimento de espiga é uma característica que afeta a produtividade do milho, visto que quanto maior for o comprimento da espiga maior também será o número potencial de grãos a ser formado por fileira. Lopes *et al.* (2007) também afirmam que o comprimento da espiga está correlacionado ao peso de grãos das espigas devido ao efeito indireto do peso dos grãos e ao número de grãos por espiga indicando, assim, que o incremento do comprimento das espigas proporcionado pelo número e tamanho dos grãos, poderá incrementar o rendimento de grãos da cultura do milho (MORAES *et al.*, 2014). Portanto, na presente pesquisa, com exceção das fertirrigações com apenas manípueira (4 – M) e o tratamento testemunha (1 – SF), os demais tratamento (NPK,

U, U+M, U+PK, M+NP e U+M+P) proporcionaram os maiores comprimentos da espiga indicando uma potencialidade para o uso dessas fontes de fertilizantes no cultivo do milho.

Conforme o teste de comparação de médias para diâmetro da espiga, nota-se que as fertirrigações utilizando fertilizantes minerais compostos por NPK (2 - NPK) e urina humana combinada com manipueira e fósforo (8 - U+M+P) não se diferenciaram entre si, contudo, apresentaram as máximas médias, 46,57 e 45,91mm, respectivamente. Os mesmos efeitos foram observados para as fertirrigações com apenas urina (3 - U), urina associada à manipueira (5 - U+M), urina associada a PK (6 - U+PK) e manipueira associada a NP (7 - M+NP), ou seja, as médias desses tratamentos também não se diferenciaram estatisticamente entre si; para esta variável observa-se que as menores médias foram obtidas para os tratamentos sem fertirrigação (1 - SF) (36,89 mm) e fertirrigação com apenas manipueira (4 - M) (39,40 mm).

Segundo Lopes *et al.* (2007), o comprimento e o diâmetro das espigas atuam diretamente para o aumento do peso de grãos. Em conformidade com os dados da Tabela 2, pode-se observar que a utilização de urina associada à manipueira, urina associada a PK, manipueira associada a NP e urina mais manipueira e fertilizante fosfatado, favoreceram os principais componentes de rendimento que atuarão no aumento da produtividade de grãos da cultura do milho indicando grande potencialidade do uso agrícola dessas águas residuárias como fontes de nutrientes em substituição ou complementar à adubação mineral da cultura do milho.

O número de grãos por espiga apresentou diferença estatística entre si quando as plantas não foram fertirrigadas (1-SF) e quando fertirrigadas com apenas manipueira (4-M), apresentaram médias de 110,75 e 244,00 grãos de milho por espiga, respectivamente. As plantas submetidas aos demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente; contudo, a máxima média obtida foi de 581,50 grãos por espiga, quando fertirrigada com urina humana associada à manipueira e fertilizante fosfatado (8-U+M+P). Segundo Mundstock e Silva (2005) o aumento do número de grãos por espiga pode ser um dos principais fatores responsáveis pelo incremento do potencial de rendimento de grãos de milho possível de ser comprovada na presente pesquisa de vez que todos os tratamentos com fertirrigação foram superiores a testemunha (sem fertirrigação).

As médias da variável número de fileiras de grãos por espigas (NFGE) apresentou diferença estatística entre si quando as plantas não foram fertirrigadas (1-SF) e fertirrigada com urina (2-U) e urina mais fertilizantes minerais compostos por fósforo e potássio (6-

U+PK), que apresentaram as menores médias 10,50, 14,00 e 14,50 grãos por espiga, respectivamente; para os demais tratamentos as médias não se diferenciaram entre si, sendo máxima de 16,50 grãos por espiga obtidas através das fertirrigações com fertilizantes minerais (2 – NPK) ou com urina mais manipueira mais fósforo (8 - U+M+P).

As médias do número de grãos por fileira (NGF), também apresentaram diferença estatística entre si para os tratamentos testemunha e fertirrigações com manipueira. As demais médias não se diferenciaram estatisticamente entre si sendo a máxima obtida através da fertirrigação com urina mais manipueira mais fósforo (8 - U+M+P) (40,32 grãos por fileira), indicando efeito positivo do uso dos efluentes e associados aos fertilizantes minerais. Esses resultados corroboram com os obtidos por Gazola *et al.* (2014) que, ao estudar os efeitos da aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha, obtiveram respostas significativas para o número de fileiras de grãos por espiga.

Em conformidade com o resumo do quadrado média (Tabela 3), a análise de variância indicou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre tratamentos para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da espiga com e sem palha (MSE_p e MSE_d) e massa seca de grãos (MSG). O mesmo foi constatado para as médias, ou seja, houve diferença estatística entre si para as variáveis MSPA, MSE_p , MSE_d e MSG.

Tabela 3: Resumo da análise de variância e médias da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da espiga com e sem palha (MSE_p e MSE_d), massa seca dos grãos (MSG) e massa seca de 100 grãos (M100g) de milho fertirrigado com urina humana e manipueira.

FV	GL	Quadrado Médio				
		MSPA	MSE_p	MSE_d	MSG	M100g
Tratamentos	7	1233,09407*	15574,10605**	8087,28783**	5684,70978**	31,99011 ^{ns}
Resíduo	24	375,03659	368,37581	205,54237	125,28475	19,41025
CV%	-	12,08	11,54	11,99	11,45	19,75
Tratamentos		Médias (g)				
1 - SF		150,87ab	50,56c	32,97b	22,95c	16,02a
2 - (NPK)		164,57ab	176,25b	138,69a	114,08a	21,01a
3 - (U)		152,79ab	182,33ab	127,94a	105,73a	23,69a
4 - (M)		128,78b	88,13c	65,46b	55,29b	23,77a
5 - (U+M)		186,19a	199,69ab	142,56a	116,89a	21,72a
6 - (U+PK)		155,25ab	200,19ab	145,74a	118,57a	24,39a
7 - (M+NP)		175,48a	210,90ab	149,87a	121,90a	24,57a
8 - (U+M+P)		168,92ab	222,32a	153,61a	126,69a	23,26a

FV – Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; SF – Sem fertirrigação; NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio; U – Urina humana; M – Manipueira; U + M – Urina mais manipueira; U + PK – Urina mais fósforo e potássio; M + NP – Manipueira mais nitrogênio e fósforo; U+M+P – Urina humana mais manipueira mais fósforo; (^{ns}, **, *) - Não significativo, significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) a máxima média foi de 186,5 g planta⁻¹, obtida através das fertirrigações com urina mais manipueira (5 – U+M) e não se diferenciando estatisticamente entre o tratamento caracterizado por fertirrigação com manipueira mais fertilizantes minerais (7 – M+NP). Estudando os efeitos da adubação mineral, orgânica e organomineral na massa seca da parte aérea do milho, Castoldi *et al.* (2011) não constataram efeito significativo de médias entre tratamentos. Araújo *et al.* (2012) ao analisar o crescimento de milho fertilizado via foliar com diferentes concentrações de manipueira, também obtiveram resposta significativa e superior à testemunha para a variável massa seca da parte aérea. Na presente pesquisa apenas as fertirrigações com manipueira (4 – M), manipueira mais urina (5 – U+M) e manipueira mais fertilizantes minerais nitrogenado e fosfato (7 – M+NP) apresentaram diferença significativa entre os demais tratamentos.

As máximas médias das variáveis massa seca da espiga com e sem palha (MSE_p e MSE_d) e massa seca dos grãos (MSG) de milho, foram de 222,32; 153,61 e 126,69 g espiga⁻¹, respectivamente, obtidas através das fertirrigações com urina humana mais manipueira associadas ao fósforo mineral (8 – U+M+P).

Analisando os efeitos de esgoto doméstico tratado na produção de milho cultivado em condições de campo, Costa *et al.* (2014) constataram incremento significativo na massa verde de espiga com e sem palha que foram fertirrigadas com as doses de água residuária sendo a maior média de 306,24 e 275,6 g, respectivamente, quando fertirrigados com 50% de esgoto e Araújo *et al.* (2015) analisando o crescimento e a produtividade de milho fertilizado via foliar com calda de manipueira, também obtiveram resposta significativa e superior à testemunha para a variável massa seca da espiga.

A massa seca de 100 grãos (M100g) não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos nem as médias se diferenciaram entre si, indicando que nenhuma das fertirrigações influenciaram esta variável.

Gazola *et al.* (2014) obtiveram, estudando os efeitos da aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha, respostas significativas para a massa de 100 grãos. Os resultados da massa de 100 grãos de milho alcançados na presente pesquisa foram semelhantes aos obtidos por Goes *et al.* (2012) que, ao estudar fontes e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha em sistema de plantio direto, também não obtiveram respostas significativas.

Em conformidade com os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, com exceção do tratamento 1 (SF – Sem Fertirrigação) as menores médias foram obtidas quando se realizaram

fertirrigações com apenas manipueira indicando que fertirrigações com apenas este efluente podem afetar a produção do milho. Dentre os fatores possíveis de aumentar o rendimento do milho, se destacam o manejo da fertilidade do solo e, em especial, o da adubação nitrogenada (FONTOURA e BAYER, 2009). Portanto, uma provável explicação para as reduções das variáveis analisadas é a baixa concentração de nitrogênio presente no efluente (Tabela 1) pois, segundo Oliveira Neto, Costa e Oliveira *et al.* (2016) o nitrogênio é o macronutriente de que o milho tem maior exigência.

4 Conclusões

1. O uso de urina humana aplicada via fertirrigação, pode substituir a adubação mineral nitrogenada requerida pela cultura do milho;
2. A manipueira pode substituir a adubação mineral potássica aplicada via fertirrigação na cultura do milho;
3. A urina humana, associada à manipueira aplicada via fertirrigação, apresenta potencialidade para substituir a adubação mineral nitrogenada e potássica requerida pela cultura do milho;
4. A fertirrigação com apenas manipueira promove redução acentuada na produção do milho;
5. As fertirrigações com urina humana associada a manipueira e essas associadas ao fósforo mineral promoveu a maior produção do milho Potiguar.

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.; FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; GONÇALVES, C. P.; ARAÚJO, F. A. C. Avaliação do uso de efluente de casas de farinha como fertilizante foliar na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Engenharia na Agricultura**, v.20, n.4, p. 340 - 349, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v20n04a06>

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S.; GUIMARÃES, P. L. F.; RODRIGUES, A. C. L. **Produtividade de forragem hidropônica de milho (*Zea mays* L.) fertirrigado com urina e manipueira**. In: 12.º Congresso da Água, 16.º Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental e XVI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária,

2014, Lisboa. Usos da água e valorização económica dos recursos hídricos. Rio de Janeiro: ABES, 2014, p. 1 - 8.

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P.; ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e produtividade de milho fertilizado com manipueira como fonte alternativa de nutrientes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.9, n.2, p. 31 - 35, 2015.

ARAÚJO, N. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; SABINO, C. M. B.; OLIVEIRA, S. J. C. Cultivo hidropônico de milho fertirrigado com urina humana como fonte alternativa de nutrientes. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 718-729, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v20n4p718>

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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000500004>

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.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i1.766

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.

COSTA, V. Z. B; GURGEL, M. T.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 4, p. 738-751, 2014. DOI: 10.4136/ambi-agua.1417

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. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p350-357>

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; LIMA, L. E.; SILVA, M. M. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.1, p. 77- 82, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764010011>

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte SA. **Milho Potiguar**. Caicó, RN, 2011. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC00000000017903.PDF>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2017.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa v.33, n.6, p.1721-1732, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600021>

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.7, p.700–707, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700005>

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zeamays L.*) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 169-177, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p169-177>

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.251-259, 2009.

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. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.12.008>

LEAL, F. R. R.; LEAL, M. P. C.; ALBUQUERQUE, C. L. C. D. Avaliação do efeito da manipueira em aplicação vias foliar e substrato na produção de coentro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n.3, 2015.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.7, p.675–681, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700001>.

MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; SILVA, V. R.; SILVA, R. F.; BASSO, C. J.; ROS, C. O. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, 2014. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 51p.

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.

OLIVEIRA NETO, T. I.; COSTA, M. C. G.; OLIVEIRA, V. P. V. Acúmulo de nitrogênio em plantas de milho crioulo em resposta à adubação orgânica. **Revista Equador (UFPI)**, v.5, n.4 (Edição Especial 03), p. 207 – 220, 2016.

PESSUTI, C. A. A.; HERMES, E.; NEVES, A. C.; SILVA, R. P.; PENACHIO, M. ZENATTI, D. C. Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Ed. especial, v. 4, p.556-564, 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PÉREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S. Interação urina e efluente doméstico na produção do milheto cultivado em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015. p. 456–463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p456-463>

SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; QUEIROZ, L. M.; FADIGAS, F. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; KIPERSTOK, A. Nitrogen recycling through fertilization of Bermuda grass using human urine diluted in water. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.11, n.3, p. 164-171, 2016.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. They assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research (AJAR)**, v. 11, n. 39, p. 3733 – 3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522