

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO MILHO CULTIVADO SOB ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL DE NPK, ÁGUA AMARELA E MANIPUEIRA

JAILTON GARCIA RAMOS¹; VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA²; RONALDO DO NASCIMENTO³; NARCÍSIO CABRAL DE ARAÚJO⁴; RAFAELA FÉLIX BASÍLIO GUIMARÃES⁵ E MARIANA DE OLIVEIRA PEREIRA⁶

¹ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900, Campina Grande, Paraíba, Brasil. jailtonbiosistemas@gmail.com;

² Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900, Campina Grande, Paraíba, Brasil. antuneslima@gmail.com;

³ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900, Campina Grande, Paraíba, Brasil. ronaldo@deag.ufcg.edu.br;

⁴ Centro de Formação em Tecno-ciências e Inovações, Universidade Federal do Sul da Bahia, , Campus Itabuna, Rodovia de Acesso para Itabuna, km 39 - Ferradas, 45613-204, Itabuna, Bahia, Brasil. narcisioaraujo@gmail.com;

⁵ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900, Campina Grande, Paraíba, Brasil. rafaellafelix@hotmail.com;

⁶ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, 58429-900, Campina Grande, Paraíba, Brasil. marianapereira.agri@gmail.com.

1 RESUMO

Objetivou-se neste trabalho, avaliar parâmetros fisiológicos do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido em solo fertilizado com urina humana e manipueira. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatorze tratamentos e quatro repetições, totalizando 56 parcelas. Os tratamentos foram: T1 (NPK), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL), T8 (F - NPK), T9 (F - 470 mL), T10 (F - 670 mL), T11 (F - 870 mL), T12 (F - 1070 mL), T13 (F - 1270 mL) e T14 (F - 1470 mL). Os volumes aplicados foram a combinação de urina humana + manipueira tratadas como adubação de fundação e fertirrigação (F). Foram avaliadas as variáveis de pigmento (clorofilas A, B, total e carotenóides), SPAD e °Brix. O tratamento T1 promoveu incremento de 43,94% no índice SPAD em relação ao T2. Miores incrementos na concentração de sólidos solúveis totais foram obtidos para T1, T5, T7 e T8. O tratamento T13 promoveu valores máximos de clorofila A e total de 3843,703 e 5479,152 μgg^{-1} respectivamente. E para T14 os rendimentos máximos foram para as variáveis clorofila B e carotenóides (2805,197 e 333440,042 μgg^{-1}). Os tratamentos influenciam positivamente todas as variáveis fisiológicas.

Palavras-chave: ecossanamento, urina humana, biofertilizante líquido, reuso agrícola

**RAMOS, J.G.; DE LIMA, V. L. A.; DO NASCIMENTO, R.; DE ARAÚJO, N. C.;
GUIMARÃES, R. F. B.; PEREIRA, M. O.
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF CORN CULTIVATED UNDER ORGANIC
FERTILIZATION OF NPK, YELLOW WATER AND CASSAVA WASTEWATER**

2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physiological parameters of the hybrid corn AG 1051 grown in a protected environment in soil fertilized with human urine and treated cassava wastewater. The experimental design was completely randomized with fourteen treatments and four replications, thus totaling 56 experimental units. The treatments were as follows: T1 (NPK), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 ml), T6 (1270 ml), T7 (1470 mL), T8 (F - NPK), T9 (F - 470 ml), T10 (F - 670 ml), T11 (F - 870 ml), T12 (F - 1070 ml), T13 (F - 1270) and T14 (F - 1470). The volume applied is the combination of human urine + cassava wastewater treated as foundation fertilization and fertigation (F). The production of chlorophylls A, B, total and carotenoids, SPAD and °Brix were evaluated. The T1 treatment promoted an increase of 43.94% in the SPAD index in relation to T2. Height increases in total soluble solids concentration were obtained for T1, T5, T7 and T8. The T13 treatment promoted maximum values of chlorophyll A and total of 3843.703 and 5479.152 μgg^{-1} respectively. For T14 the maximum yields were for the variables chlorophyll B and carotenoids (2805.197 and 333440.042 μgg^{-1}). Treatments positively influence all physiological variables.

Keywords: eco sanitation, human urine, liquid biofertilizer, reuse agriculture.

3 INTRODUÇÃO

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

Nesse contexto, o uso agrícola de águas residuárias vêm ganhando cada vez mais atenção e sendo apontado com uma alternativa, sustentável e ambientalmente correta, na produção agrícola, desde que os efluentes passem por algum processo de

tratamento prévio (RAMOS et al., 2017; BOTTO et al., 2017; PEREIRA et al., 2011).

O reuso agrícola de urina humana, vêm sendo estudada para ser utilizada como fonte de nitrogênio às plantas, uma vez que esta é rica em ureia. A ureia, no solo, transforma-se em amônia (NH_3) gasosa e nitrato (NO_3), ambas substâncias com capacidade de fornecer nitrogênio para as culturas. Estima-se que cada indivíduo gere em média de 1,0 a 1,5 litros de urina por dia, uma pessoa adulta produz cerca de 500 litros de urina por ano (JÖNSSON et al., 2004).

FLECK et al. (2003) afirmam que a maior taxa de acúmulo líquido e elevada velocidade de crescimento em plantas estão relacionados aos elevados teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas. Desta forma, a urina humana como fonte de nitrogênio pode servir como fonte

alternativa, de fácil aquisição, sustentável e praticamente a custo zero, de nitrogênio para a agricultura, desde que tratada e utilizada em doses recomendadas.

Outros estudos tem evidenciado a eficiência do uso da manipueira na agricultura como fonte de nutrientes. Trata-se de um resíduo líquido, de aparência leitosa, odor forte, originado no processo de beneficiamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), através da prensagem desta, para fabricação de farinha, fécula, massa, bem como outros produtos processados, como bolos, bolachas, biscoitos entre outros. Este efluente possui altas concentrações de nutrientes, especialmente o potássio, magnésio, nitrogênio e fósforo, que podem ser utilizados como fertilizantes de solo para atividades agrícolas (CARDOSO et al., 2009).

Desta forma, devido à escassez de insumos orgânicos e aos efeitos negativos que o uso de fertilizantes químicos trazem para agricultura moderna como a salinização do solo, eutrofização de rios, emissão de poluentes orgânicos persistentes, como por exemplo as dioxinas, a aplicação de urina humana e manipueira tratadas vem ganhando popularidade como fertilizante em diversos países como a Suécia, Alemanha, China e África e África Ocidental (LIMA LOURO et al., 2012).

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

A cultura do milho verde *in natura* é uma alternativa de grande valor econômico para o produtor, devido ao bom preço de mercado, à demanda pelo produto e pela indústria de conservas alimentícias, além dos valores, agregados como mão-de-obra familiar, movimentação do comércio local, transporte, indústria caseira e de outras atividades ligadas à agricultura familiar. O mercado tem se tornado tão promissor que produtores tradicionais de milho grão, feijão, café, entre outros, estão diversificando suas atividades com o cultivo do milho verde (PEREIRA FILHO, 2002).

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

O nitrogênio é o macronutriente com efeito significativo no aumento da produção de grãos de milho, seguido pelo potássio (K) e fósforo (P), aproximadamente 60% a 70% do nitrogênio e 85% do potássio extraídos do solo durante o ciclo da cultura, são acumulados antes do florescimento do milho o que requer o fornecimento desses nutrientes em quantidade suficiente para atender a grande demanda das plantas neste curto período, quando o sistema radicular é ainda pouco desenvolvido (MEIRA et al., 2009; QUEIROZ et al., 2012).

Este macronutriente é constituinte dos aminoácidos, proteínas, de inúmeras enzimas, nucleotídeos e da clorofilas (HAYAT et al., 2010). Desta forma, as clorofilas e os carotenóides são os principais pigmentos ligados à eficiência fotossintética e com o estabelecimento das relações de competitividade que a espécie manifesta no crescimento e adaptação aos diversos ambientes (FORCE et al., 2003).

Para avaliar a condição nutricional da cultura, ao longo de seu crescimento, existem diversas técnicas, dentre elas o SPAD-502 - *Soil Plant Analysis Development* que atua como técnica de medição rápida e não destrutiva, podendo ser usada em condições de campo e permitindo uma avaliação do processo fisiológico da planta (RUBIO-COVARRUBIAS et al., 2009; DIAS et al., 2012).

As clorofilas e os carotenóides são os principais pigmentos ligados à eficiência fotossintética está relacionada ao crescimento das plantas em diferentes condições de manejo, podendo, ao ser determinada, servir de suporte na tomada de decisões, principalmente sobre a adubação nitrogenada química ou orgânica (FORCE et al., 2003). Isto se deve ao fato de a clorofila apresentar alta relação com o rendimento para inúmeras culturas (SMEAL e ZHANG, 1994).

O grau Brix, ou sólidos solúveis totais, é um parâmetro de qualidade importante para controle e produção de milho verde, destinado ao consumo *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos doces.

Nessa perspectiva, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os parâmetros fisiológicos do milho híbrido AG 1051 cultivado em ambiente protegido em solo fertilizado com urina humana e manípueira tratadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação durante os meses de junho a agosto de 2017 na Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, coordenadas geodésicas de 7°12'58,67" Sul, 35°54'35,71" Oeste e 550 m de altitude. De acordo com KÖPPEN (1981) o clima predominante é AS', semiárido, quente e úmido, com uma temperatura média anual

máxima de 28,6 °C e mínima de 19,5 °C, e pluviosidade média anual de 765 mm. A casa de vegetação, com 32 metros de comprimento e 20 metros de largura, com área de 640 m², possuindo estrutura metálica, sendo do tipo cobertura e arco, coberta com polietileno de baixa densidade de 150 µm e laterais revestidas com tela de sombreamento com índice de proteção de 80%.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, determinados da seguinte forma: T1 (NPK), T2 (470 mL), T3 (670 mL), T4 (870 mL), T5 (1070 mL), T6 (1270 mL), T7 (1470 mL), T8 (F - NPK), T9 (F - 470 mL), T10 (F - 670 mL), T11 (F - 870 mL), T12 (F - 1070 mL), T13 (F - 1270 mL) e T14 (F - 1470 mL) por meio do qual os volumes aplicados são a combinação de urina humana mais via fundação e fertirrigação (F), obtendo-se 14 tratamentos, e totalizando 56 unidades experimentais.

A montagem e distribuição espacial das unidades experimentais foi com espaçamento de 8 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Foram utilizados 56 vasos plásticos com capacidade de 20 litros cada. Estes foram colocados sobre tijolos a 0,5 m do solo para facilitar ergonomicamente as avaliações de crescimento. Os vasos foram perfurados em sua extremidade inferior com o uso de uma broca de 3 mm para inserção de tubo flexível que atuou como dreno do sistema. Dentro de casa vaso foi colocada uma manta geotêxtil (Bidin) para prevenir o entupimento dos drenos, logo após foi colocada uma camada de 300 g de brita nº 1, em seguida foi adicionado 33 kg de solo.

Na extremidade de cada dreno foi acoplada uma garrafa plástica de 2 L com o propósito de quantificar o volume drenado oriundo de cada evento de irrigação, como também realizar a recirculação dos nutrientes que por ventura viessem a ser

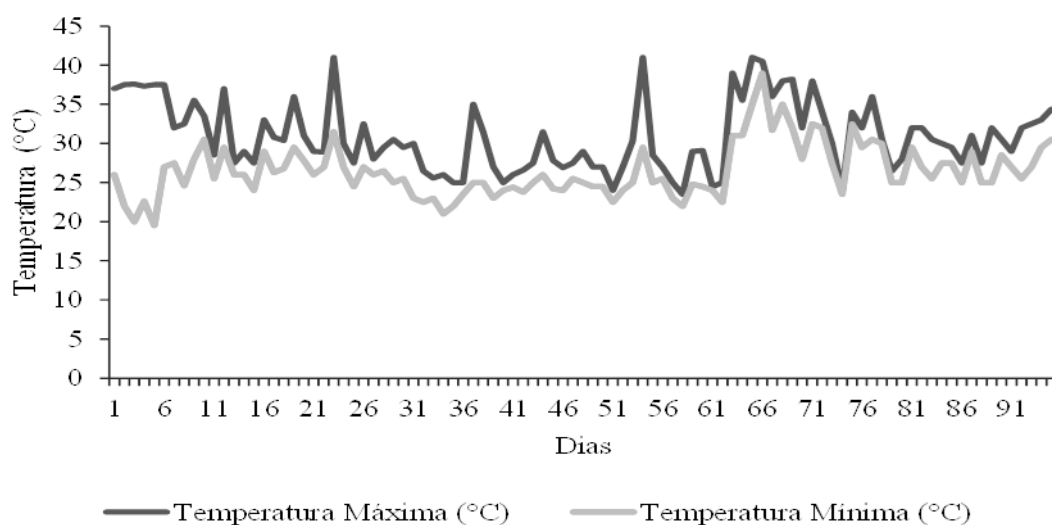
lixiviados, garantindo a ciclagem do material no sistema.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Litrófico Eutrófico (Embrapa, 2006) com as seguintes características físico-químicas: pH em água (1:2:5) = 5,58; CE = 0,56 mmhoscm⁻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 cmolc

dm⁻³; S = 13,72 cmolc dm⁻³; Carbono Orgânico = 1,70%; Matéria Orgânica = 2,93% e densidade do solo = 1,28 g cm⁻³.

Foi realizado o acompanhamento diário das temperaturas, máxima e mínima, no interior da casa de vegetação durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura. As leituras foram realizadas diariamente às 9:00 horas da manhã como o auxílio de um termômetro digital (Figura 1).

Figura 1. Valores de temperatura mínima e máxima (°C) no interior da casa de vegetação



A cultura selecionada para ser utilizada no experimento foi o milho híbrido AG 1051, devido a alta aceitação no mercado consumidor, ao ciclo curto, alta produtividade de grãos e de sementes, como também a potencialidade na utilização como fonte de forragem para alimentação animal, em função do seu alto desempenho no ganho de palha.

As irrigações foram realizadas diariamente baseada seguindo o princípio de lisimetria de drenagem de acordo com metodologia proposta por BERNARDO et al. (2008). A água utilizada na irrigação foi proveniente de uma caixa d'água de polietileno de 5 m³ preenchidos com água de chuva com condutividade elétrica (CE) de 0,04 dS m⁻¹.

A aplicação da adubação de fundação com a combinação de urina

humana e manipueria foi realizada quando o solo já estava próximo à capacidade de campo (CC), essa determinação foi realizada baseado no princípio da lisimetria de pesagem (BERNARDO et al., 2008), e foi mantido assim por um período de 15 dias para que a solução estabilizasse e interagisse com o solo. Aos 15 dias após a adubação, foi realizada a semeadura, na qual foram colocadas dez sementes em cada vaso. Aos dez dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste deixando quatro plantas por vaso.

O volume aplicado em cada fertirrigação foi dividido em oito sessões, com intervalos de cinco dias entre cada. As fertirrigações foram iniciadas quando as plântulas apresentavam entre três e quatro folhas totalmente expandidas.

O volume da solução (urina humana+manipueira tratadas) foi determinado segundo metodologia proposta por NOVAIS et al. (1991), em função do macronutriente que apresentou maior concentração. Para urina humana tomou-se por base o nitrogênio total, já para manipueira tomou-se o potássio. As doses de solução corresponderam a 1,33; 1,82; 2,38; 2,92; 3,46 e 4,01g de potássio e 4,66; 6,62; 8,59; 10,57; 12,55 e 14,52 g de nitrogênio total.

A adubação mineral (NPK) foi estimada seguindo metodologia proposta por NOVAIS et al. (1991), sendo a fonte de nitrogênio utilizada o nitrato de cálcio (15, 5% de N), de fósforo o ortofostato simples (18% de P_2O_5) e a de potássio o cloreto de potássio (60% de K). Para os tratamentos cujos nutrientes foram aplicados via fundação, o NPK foi diluído em dois litros de água destilada, aplicando-se o volume de 0,5 L em cada unidade experimental referente ao tratamento com adubação mineral.

A urina humana utilizada como fonte de nutrientes no experimento foi coletada em três residências unifamiliares, no município de Campina Grande-PB por meio de garrafas plásticas, no momento em que a urina humana era expelida a mesma era coletada e, em seguida, armazenada. A urina foi fornecida por três homens com idades entre 27 e 39 anos, que praticavam exercícios físicos regularmente, não fumam e não fizeram uso de nenhum tipo de medicamento de uso contínuo ou bebida alcóolica.

Antes de ser utilizada como biofertilizante, a urina humana foi submetida ao processo de digestão anaeróbica, por meio do qual esta foi armazenada em um tambor plástico de 20 litros hermeticamente vedado, onde permaneceu em repouso por um período de 60 dias sob ação de bactérias que digeriram o efluente elevando o seu pH deixando-o alcalino, em torno de 9,0 (Figura 2).

Figura 2. Recipiente utilizado para realizar a digestão da urina humana



A manipueira utilizada no experimento foi coletada em uma fecularia artesanal do município de Puxinanã-PB, esta também foi submetida a um processo de digestão anaeróbica em um recipiente plástico com capacidade para 85 litros, hermeticamente vedado, onde foi deixada uma coluna de ar de 5 cm entre o efluente e a borda do recipiente por um período de 60 dias.

Na tampa do reservatório foi colocada uma mangueira com a outra extremidade conectada a uma garrafa PET com água na altura de 5 cm para liberação dos gases gerados durante a digestão do efluente, principalmente o ácido cianídrico, que pela presença de um glicosídeo cianogênico conhecido como linamaria quando hidrolizado deixa o efluente com um pH ácido (Figura 3).

Figura 3. Recipiente adaptado utilizado para realizar a digestão anaeróbica da manipueira



Após o período de digestão dos efluentes, foi realizada a caracterização

química da urina humana e da manipueira (APHA, 2005) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química da urina humana e manipueira tratadas

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

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

O controle das plantas espontâneas foi realizado manualmente. Quando necessário realizou-se também a aplicação de inseticidas específicos para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith).

A cada 15 dias após a emergência (DAE) foi removida uma planta para que não houvesse competição entre elas no que diz respeito a absorção de nutrientes nem por espaço para desenvolvimento da zona radicular. Aos 95 DAE foi realizada a avaliação das variáveis fisiológicas consideradas destrutivas.

As variáveis fisiológicas avaliadas foram: índice SPAD pigmentos fotossintéticos e sólidos totais solúveis (°BRIX) aos 95 DAE.

Para a determinação do índice SPAD foi utilizado o medidor portátil SPAD- 502, da empresa Minolta. Ao longo do ciclo foram feitas medições do índice SPAD em três folhas totalmente expandidas ao longo de cada planta registrando três leituras em cada folha, a média representou o valor de cada unidade experimental.

As avaliações de teor de clorofila *a*, *b* e carotenóides foram realizadas aos 95 DAE. Para isso foram coletadas três folhas completamente expandidas a três alturas distintas das plantas e dessas folhas foram obtidos 10

discos de 1,5 cm de diâmetro. Para a extração das clorofilas foram utilizados 1 disco de cada folha, que após serem picados e, em seguida, macerados, foram colocados em tubos de ensaio contendo acetona 80%. Esses tubos foram vedados, envolvidos com papel alumínio e mantidos por 72 horas em refrigeração a 5 °C. Após a extração, foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro digital a 470, 645 e 663 nm.

O cálculo dos teores de clorofila (Equações 1 a 3) e carotenóides (Equação 4), expressos em mg g⁻¹ de massa seca, foram feitos de acordo com as equações propostas por ARNON (1949) e com os coeficientes de absorção propostos por LICHTENTHALER (1987).

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

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

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

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

Em que: Ca = clorofila a (µgg⁻¹ de massa seca); Cb = clorofila b (µgg⁻¹ de massa seca); Ctotal = clorofila total (µgg⁻¹

de massa seca), $Cx + c$ = carotenóides (μgg^{-1} de massa seca); V = volume da amostra (mL) e M = massa seca da amostra.

A partir do extrato líquido homogeneizado de dois grãos frescos de milho determinou-se o conteúdo de sólidos solúveis em refratômetro digital, modelo Atago PR-100, com compensação automática de temperatura a 25 °C, expresso em graus Brix.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para agrupar as médias dentro do tratamento, utilizando-se o programa estatístico Assistat 7.7. (SILVA, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

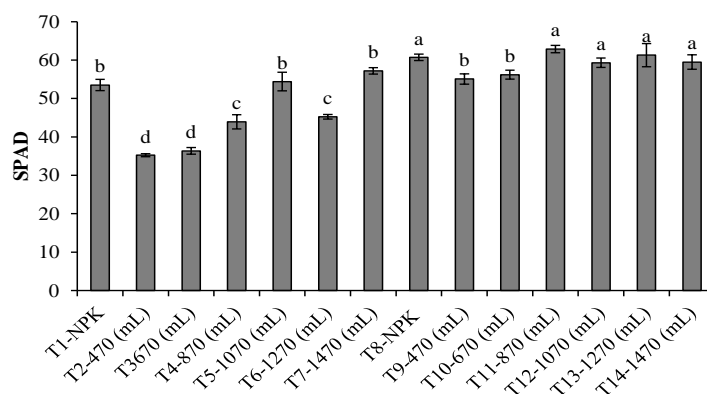
As concentrações de fertilizantes organominerais aplicados no milho afetaram significativamente ($p > 0,05$) os valores do índice SPAD aos 95 DAE (estádio R4, grão leitoso). Verificou-se que houve efeito significativo nesta variável quando aplicado o T-11 (fertilizado com 870 mL da solução urina

humana+manipueira) com ganho de 62,85, promovendo assim, com uma diferença média percentual de 43,94% em relação a aplicação via fundação de 470 mL de solução, que apresentou um índice SPAD de 35,23 (Figura 4).

O índice SPAD também foi influenciado pelo manejo da adubação causando efeito isolado ou combinado com a adubação via fundação. Não houve diferenças estatísticas entre T8, T11, T12, T13 e T14 que promoveram os maiores incrementos no índice SPAD com 60,72; 62,85; 59,30; 61,3 e 59,4 respectivamente, assim as maiores estimativas dos teores de clorofila total foram apresentados quando o milho foi cultivado em solo fertilizado com urina humana e manipueira, com exceção de T9 e T10.

Esse efeito possivelmente pode estar relacionado a dinâmica dos nutrientes no solo, que quando tratando-se de adubação orgânica esses efeitos são complexos em função das características químicas e suas reações no solo e na planta. O uso de material orgânico na adubação tem contribuído para o aumento da produtividade de diversas culturas agrícolas, isso por favorecer a fertilidade do solo (FREITAS et al., 2012).

Figura 4. Índice SPAD do milho adubado via fundação e fertilização com NPK e adubação orgânica (urina humana e manipueira tratadas) aos 95 DAE em ambiente protegido



A aplicação de NPK por fertilização promoveu um ganho de 60,72 no índice SPAD, no entanto, para o mesma

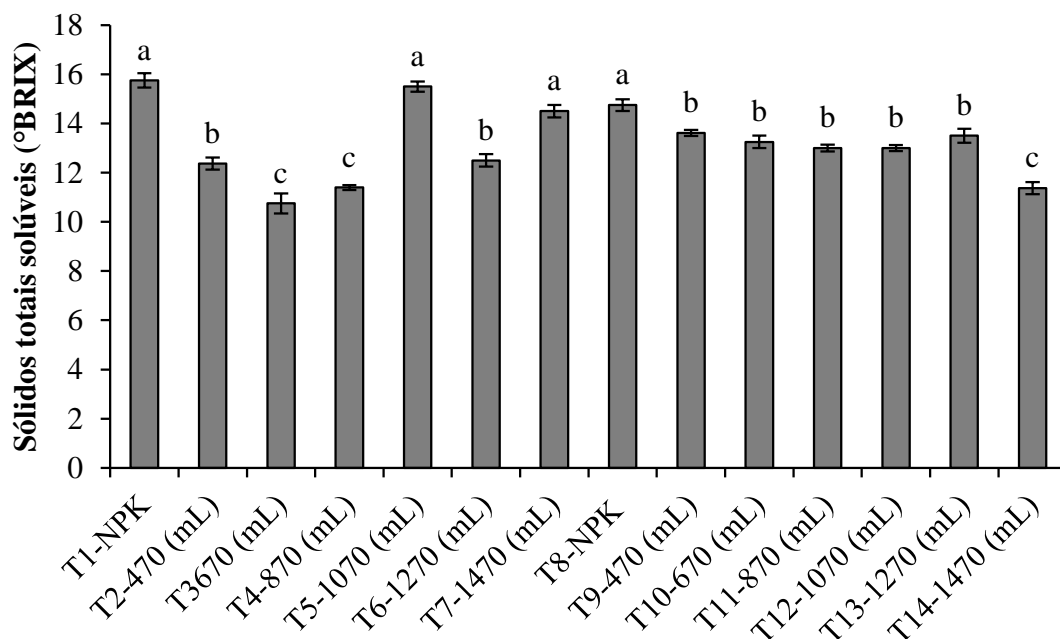
concentração de NPK, no entanto com aplicação via fundação o ganho foi de 53,5, desta forma, promovendo uma diferença

média percentual de 11,89% em relação a forma de aplicação do efluente no solo. Este efeito pode estar associado a quantidade de N disponível no solo e o momento em que o mesmo está disponível para o crescimento e produção das culturas. PARIZ et al. (2011) plantas maiores apresentam maior acúmulo de nutrientes, os quais serão translocados para as espigas no período de enchimento de grãos o que pode influenciar

positivamente e diretamente ganhos na produtividade.

Com relação aos sólidos solúveis totais (°Brix) verificou-se diferença estatística entre os tratamentos para esta variável. Os tratamentos que promoveram maiores incrementos na concentração de sólidos solúveis totais ou doçura do milho verde foram T1, T5, T7 e T8 (Figura 5).

Figura 5. Sólidos solúveis totais do milho cultivado em ambiente protegido e adubado e fertirrigado com NPK e biofertilizante (urina humana e manureira tratadas)



Quando o solo foi fertilizado apenas com adubação mineral via fundação com NPK (T1) verificou-se um ganho médio de 15,75 (°Brix), já quando fertilizado via fertirrigação com este a mesma concentração de NPK (T7), observou-se um incremento de 14,75, assim, mesmo não havendo diferenças estatísticas significativas, fato este que pode estar relacionado a forma de manejo da adubação. Quando o solo foi fertirrigado com adubos organominerais não houve diferenças sob os efeitos para esta variável, com exceção apenas do fertirrigado com NPK (T8) e 1470 mL de solução (T14).

TAKAHASHI et al. (2017) afirmaram que o uso de diferentes formas de manejo no fornecimento de nutrientes por meio de solução nutritiva, com por exemplo via fertirrigação podem influenciar o estado nutricional das plantas, bem como em sua composição química e pós qualidade.

Nota-se que a aplicação de 670 e 870 mL de solução via fundação e 1470 mL via fertirrigação foram os tratamentos que promoveram menores incrementos de sólidos solúveis totais, com um incremento médio de 10,75 °BRIX. Mamede et al. (2014) analisaram parâmetros físico-químicos de cultivares de milho doce, com

uso de adubação convencional e observaram teores médios de sólidos solúveis de 15,49 °Brix.

O teor de sólidos solúveis é um indicador de qualidade para o consumo *in natura* e o processamento industrial do milho verde, porque a concentração de açúcares simples e de polissacarídeos nos grãos exerce influência na sua aceitação pelo mercado consumidor, principalmente na forma de embutidos e enlatados sob as características não apenas de concentração de sólidos solúveis, mas também a umidade, textura e aroma do grão (LEITE et al., 2003).

Com relação clorofila A verifica-se que houve diferença estatística

significativa, e que T12 e T13 foram os que promoveram os maiores ganhos de 3938,165 μgg^{-1} e 3843,703 μgg^{-1} respectivamente, seguido de T9 com um incremento de 3464.880 μgg^{-1} . A adubação de fundação e fertirrigação química (T1) e (T8) promoveram uma redução percentual média de 51,25% e 32,16% respectivamente em relação a T12 (fertirrigação com 1070 mL de urina humana + manipueira). Quando o milho foi cultivado em solo fertilizado via fundação com T7 houve menor concentração de clorofila A em comparação aos demais tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de pigmentos fotossintéticos (μgg^{-1} de massa seca) de clorofila A, B, total e carotenóides do milho cultivado em solo adubado via adubação de fundação e fertirrigado com adubação química e orgânica (urina humana e manipueira)

FV	Clorofila A (μgg^{-1})	Clorofila B (μgg^{-1})	Clorofila Total (μgg^{-1})	Carotenóides (μgg^{-1})
T1 – NPK	1919,710 g	963,347 f	2883,057 g	201262,402 b
T2 – 470 mL	3200,917 c	1082,505 e	4283,422 d	187569,452 c
T3 – 670 mL	3202,302 c	1265,337 d	4467,637 d	188437,275 c
T4 – 870 mL	2151,340 f	702,672 g	2854,012 g	134903,980 d
T5 – 1070 mL	2477,475 e	914,342 f	3391,817 f	223476,265 b
T6 – 1270 mL	2863,215 d	946,712 f	3809,930 e	157364,235 d
T7 – 1470 mL	1196,970 h	1677,932 b	2874,902 g	204517,330 b
T8 – F NPK	2671,477 d	870,915 f	3542,395 f	220454,930 b
T9 – F 470 mL	3464,880 b	1336,702 d	4801,582 c	220762,042 b
T10 – F 670 mL	2696,640 d	1040,130 e	3736,765 e	174333,065 c
T11 – F 870 mL	2698,803 d	971,512 f	3670,315 e	154319,985 d
T12 – F 1070 mL	3938,165 a	1491,240 c	5429,410 a	231861,775 b
T13 – F 1270 mL	3843,703 a	1635,450 b	5479,152 a	247536,832 b
T14 – F 1470 mL	2220,658 f	2805,197 a	5025,855 b	333440,042 a
Resíduo	21858,83	5112,884	28719,479	534263636,391
CV%	5,37	5,65	4,22	11,24
QM	2266254,9**	1136327,2**	3335584,6**	9,5793399E ⁺⁹ **

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

A alta produção de clorofila A quando solo foi fertilizado com T12 e T13 pode estar relacionada tanto a forma de aplicação de urina humana e manipueira no solo, como também pela concentração e

volume. Ambas situações podem ter promovido, no solo, quantidades necessárias de nutrientes disponíveis para a cultura sem afetar negativamente seu crescimento. Deve-se considerar, também,

o potencial cianogênico da manipueira e sua capacidade de agregar as partículas de solo devido a presença de restos de fécula, criando assim uma crosta superficial no solo, diminuindo a aeração e, conseqüentemente, as trocas gasosas entre o solo e atmosfera.

No que diz respeito à clorofila B a aplicação de (T14) foi a que promoveu o maior incremento para esta variável em relação aos demais tratamentos, sendo assim, a concentração de clorofilas B quando o solo foi fertirrigado com 1470 mL solução de urina humana + manipueira foi superior a T1 e T8, adubados via fertirrigação com fertilizantes químicos, apresentando valores médios de 963,347 μgg^{-1} e 870,915 μgg^{-1} , com uma diferença média percentual de 65,55% e 68,95%, respectivamente.

Deste modo, nota-se que o uso de urina humana e manipueira tratados e em volumes recomendados pode vir a substituir a adubação química, que tanto promove a mitigação de impactos ambientais negativos oriundos da produção de fertilizantes químicos, desde a extração da matéria prima, produção e uso indiscriminado, eutrofizando rios, poluindo o ar e salinizando solos. Não houveram diferenças estatísticas significativas para esta variável quando o solo foi adubado com T1, T5, T6 e T11, sendo estes os tratamentos que promoveram os menores incrementos de clorofila B, com ganho média de 744,023 $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca.

Assim como para clorofila A, as clorofilas totais, os tratamentos que promoveram o maior incremento foram T12 e T13, ou seja, quando o solo foi fertirrigado com 1070 e 1270 mL de urina humana+manipueira tratada, apresentando assim uma diferença média percentual de 46,89% e 47,38% respectivamente em relação a T1 (solo adubado via adubação de fundação com NPK) evidenciando assim a eficiência do uso de adubação orgânica via fertirrigação no cultivo do milho em

ambiente protegido. Os tratamentos que promoveram as menores concentrações de clorofila total foram T1, T4 e T7 com 2883,057 μgg^{-1} , 2854,012 μgg^{-1} e 2874,902 μgg^{-1} respectivamente com uma diferença percentual média de 47,53 % em relação a T13.

De um lado, as clorofilas são os principais pigmentos de cloroplastos responsáveis pela coleta de radiação solar que durante o processo fotossintético são convertidos em energia química sob a forma de ATP (adenosina trifosfato) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido reduzido) (TAIZ; ZEIGER, 2013) e, por outro lado, os carotenóides são essenciais para a fotossíntese atuando como pigmentos secundários, fator provitamínico e protetor solar que eliminam os radicais livres como ROS (espécies reativas de oxigênio) em tecido vegetal danificado (PANDEY et al., 2010).

Com relação aos carotenóides assim como para clorofila B o tratamento que influenciou positivamente foi T14 com 333440,042 μgg^{-1} , já T4 foi o tratamento que promoveu a menor média de carotenóides nas folhas do milho com um valor médio de 134903,980 μgg^{-1} , com uma diferença média percentual entre esses tratamentos de 59,54 %. Não houve diferenças estatísticas significativas para T2, T3 (adubação de fundação) e T10 (fertirrigação) com um apresentando em média 183446,597 μgg^{-1} de carotenoides.

A adubação química com NPK aplicado ao solo via fundação em fertirrigação foram os tratamentos que influenciaram positivamente a quantidade de carotenoides, ficando abaixo apenas de quando o solo foi fertirrigado com 1270 e 1470 mL de solução. Logo a aplicação de T6 (1270 mL) e T11 (F-870) foram os tratamentos que influenciaram negativamente a produção desse pigmento com os valores médios de 157364.235 e 154319.985 μgg^{-1} respectivamente.

SOUTO et al. (2013) o uso de biofertilizante, quando aplicado via solo na forma líquida, proporciona melhorias na velocidade de infiltração da água e libera substâncias húmicas no solo, induzindo o

aumento do ajustamento osmótico às plantas pela acumulação de pigmentos fotossintéticos na planta, facilitando a absorção de água e nutrientes.

6 CONCLUSÃO

A aplicação de urina humana e manipueira tratadas via fertirrigação no cultivo do milho híbrido AG 1051 influencia positivamente em todas as variáveis fisiológicas, com exceção dos sólidos solúveis totais (°BRIX);

O maior grau BRIX do milho é quando o solo é fertilizado via fundação e fertirrigação com adubação mineral;

A fertirrigação da cultura do milho híbrido AG 10 51 em ambiente protegido com urina humana e manipueira tratadas pode ser utilizada como estratégia sustentável em substituição ou complementação a adubação mineral.

7 REFERÊNCIAS

MEIRA, F.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; COSTA ANDRADE, J. A. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 275-283, 2009.

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

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

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.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. Manual de Irrigação. Viçosa, UFV. 2008.

BOTTO, M. P.; MUNIZ, L. F.; AQUINO, B.; SANTOS, A. B. Produtividade da mamona cultivar brs nordestina fertilizada com urina humana na agricultura de pequeno porte. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica**, v. 10, n. 1, p. 113-124. 2017.

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

CARDOSO, E.; CARDOSO, D.; CRISTIANO, M.; SILVA, L. D.; BACK, A. J.; BERNADIM, A. M.; PAULA, M. D. S. Use of manihot esculenta, crantz processing residue as biofertilizer in corn crops. **Research Journal of Agronomy**, v. 3, n. 1, p.1-8, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Décimo primeiro levantamento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E.. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2837-2848, 2012.

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

FORCE, L. C.; CRITCHLEY, J.J.S.; VAN RENSEN. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. **Photosynthesis research**, v. 78, n. 1, p. 17-33. 2003.

FLECK, N. G.; BALBINOT, A. A.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M. A. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Ciência rural**, v.33, n. 4, p. 635-640, 2003.

FREITAS, M.S.C.; ARAÚJO, C.A.S.; SILVA, D.J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Embrapa Semiárido- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

GOSLING, S.N.; ARNELL, N.W. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. **Climatic Change**, v. 134, n. 3, p. 371-385, 2016.

HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, v. 60, n. 4, p. 579-598, 2010.

JÖNSSON, H.; STINTZING, A. R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. Guidelines on the use of urine and faeces in crop production. **EcoSanRes Programme**, 2004.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928. Ometto, J. C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ed. **Agronômica Ceres Ltda.**, 413p. 1981.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LICHTENTHALER, H.K. Clorofilas e carotenóides: pigmentos de biomembranas fotossintéticas. Em: *Métodos em enzimologia*. **Academic Press**, p. 350-382. 1987.

LIMA LOURO, C. A.; JÚNIOR, I. V.; ÁVILA, G. M. Sustentabilidade ambiental: estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. **Sistemas & Gestão**, v. 7, n. 3, p. 440-447, 2012.

MAMEDE, A. M. G. N.; CHITARRA, A. B.; FONSECA, M. D. O.; SOARES, A. G.; PEREIRA, F. Quality of minimally processed sweet corn kept under different atmospheres. **Revista na Agricultura**, v. 22, n. 6, p. 520-534, 2014.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **Simpósio de produção e utilização de forragens conservadas**, v. 4, p. 173-219, 2011.

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.]

PEREIRA FILHO, I. A.. O cultivo do milho-verde. **Embrapa Milho e Sorgo-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2002.

RAMOS, J. G.; NASCIMENTO, M. T. C. C.; GUIMARÃES, R. F. B.; PEREIRA, M. DE O.; BORGES, V. E.; ARAÚJO, N. C. DE; SANTOS, J. S. Quality of yellow bell pepper fruits cultivated in fertilized soil with yellow water and cassava wastewater. **Journal of Agricultural Science**, v.9, p.213-219, 2017

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.875-882, 2011.

PANDEY, V; DIXIT, V.; SHYAM, R. Chromium effect on ROS generation and detoxication in pea (*Pisum sativum*) leaf chloroplasts. **Protoplasma**, v.236, n.1-4, p. 85-95, 2010.

PEREIRA, B. F. F.; HE, Z. L.; SILVA, M. S. D.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S. F.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. Reclaimed wastewater: Impact on soil-plant system under tropical conditions. **Journal of hazardous materials**, v. 192, n. 1, p. 54-61, 2011.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. D. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2012.

RUBIO-COVARRUBIAS, O. A.; BROWN, P. H.; WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; CABRERA, R. I. Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in *Prunus persica* trees. **Scientia Horticulture**, v. 120, n. 1, p. 27-33, 2009.

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

SOUTO, A. G. D. L.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, J. A. M. D.; MESQUITA, F. D. O.; LIMA NETO, A. J. D. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, p. 442-453, 2013.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 25, n. 9-10, p. 1495-1503, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5º ed. Porto Alegre: Artmed. 2013.

TAKAHASHI, H. W.; BARZAN, R. R.; BERTONCELLI, D. J.; SUZUKI, A. B. P.; FREGONEZI, G. A. D. F.; SAMPAIO, M. D. L. Y.; SILVA, J. B. D. Management of the nutrient solution for postharvest quality of tomatoes with fertigation in sand. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p.1-6, 2018.

USDA - United States Department of Agriculture. **Grain: World Markets and Trade**, 2013. Disponível em: <<http://www.usda.gov/>>