



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

TESE

**USO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DO MILHETO
CULTIVADO COM FEIJÃO LABLAB NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

JOAB JOSEMAR VITOR RIBEIRO DO NASCIMENTO

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO - 2019

JOAB JOSEMAR VITOR RIBEIRO DO NASCIMENTO

**USO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DO MILHETO
CULTIVADO COM FEIJÃO LABLAB NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (Área de Concentração: Irrigação e Drenagem)**, do **Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande**, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Agrícola**.

ORIENTADORA: Prof^ª. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO – 2019

N244u

Nascimento, Joab Josemar Vitor Ribeiro do.

Uso de esgoto doméstico na irrigação do milheto cultivado com feijão LABLAB no semiárido brasileiro / Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento. – Campina Grande, 2019.

66 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Profa. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima".

Referências.

1. Milheto – Cultura. 2. Feijão LABLAB – Cultura. 3. Irrigação – Forragem – Água Residuária. 4. Esgoto Doméstico. I. Lima, Vera Lucia Antunes de. II. Título.

CDU 633.2(043)

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

JOAB JOSEMAR VITOR RIBEIRO DO NASCIMENTO

**USO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DO MILHETO CULTIVADO COM
FEIJÃO LABLAB NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Aprovado em 27/02/2019

Banca Examinadora

Parecer

Vera Lucia Antunes de Lima

APROVADO

Prof. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima – UAEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias

APROVADO

Prof. Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias – UAEA/CTRN/UFCG

José Dantas Neto

APROVADO

Prof. Dr. José Dantas Neto - UAEA/CTRN/UFCG

Djair Alves de Melo

APROVADO

Prof. Dr. Djair Alves de Melo – IFPB – Campus Picuí

Jerônimo Andrade da Nóbrega

APROVADO

Prof. Dr. Jerônimo Andrade da Nóbrega – IFPB – Campus Santa Luzia

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO – 2019

Aos meus queridos pais, Josemar e Iracema, pelo amor incondicional, ensinamentos, dedicação e apoio em tudo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a concretização de mais um sonho e por guiar sempre meus passos.

Aos meus pais, por todo amor carinho e dedicação; pela certeza de que sempre estarão ao meu lado, por mais difíceis que sejam os dias.

À professora Dra. Vera Lucia Antunes de Lima, pela orientação e exemplo que sempre demonstrou.

Aos membros da banca examinadora, professora Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias, professor Dr. José Dantas Neto, professor Dr. Djair Alves de Melo e professor Dr. Jerônimo Andrade da Nobrega, pelas valiosas sugestões que muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos alunos de graduação e pós-graduação do IFPB - *Campus* Picuí que contribuíram efetivamente para a realização deste trabalho, em especial, à Prisana, Erasmo, Igor, Manuela, Diego, Juciara, Tatiana, Raíssa e vários outros.

Aos parceiros Jandeilson e Djair, pela honrosa amizade e pelas grandiosas contribuições ao trabalho.

Ao agricultor, Sr. Geovane, por permitir a realização do trabalho em sua propriedade.

Aos amigos do IFPB *Campus* Picuí, que compreenderam a importância deste trabalho, permitindo sua conclusão de forma mais proveitosa, especialmente aos nobres Jayson, George e Jefferson.

À professora Cristiane Castro, pelas correções gramaticais.

Aos meus familiares e amigos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a conclusão desta etapa de minha vida.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realizar o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Aos professores e colaboradores da UAEEA/UFCEG, pelos ensinamentos e dedicação.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A cultura do milheto.....	14
3.2 Irrigação do milheto e uso eficiente de água.....	16
3.3 Água residuária no milheto.....	17
3.4 Milheto em consórcio.....	19
3.5 Feijão lablab (<i>Doichos lablab</i> L.).....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Localização da área experimental.....	22
4.2 Instalação e condução do experimento.....	23
4.3 Manejo da Irrigação.....	24
4.4 Delineamento experimental e coleta de dados.....	25
4.4.1 Variáveis das Plantas.....	25
4.4.2 Variáveis do Solo.....	26
4.4.3 Eficiência do uso da água.....	27
4.4 Análises estatísticas.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Consumo de Água.....	28
5.2 Variáveis da Planta	29
5.3 Variáveis do Solo.....	43
6. CONCLUSÕES	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação pluviométrica de Frei Martinho – PB de 1996 a 2018.....	23
Tabela 2 – Análise físico-química do solo.....	24
Tabela 3 – Análise físico-química da água.....	25
Tabela 4 - Volume de água aplicado via irrigação no período de condução do experimento com a cultura do milho consorciada com feijão lablab para cada tratamento	28
Tabela 5 - Médias observadas de MVT milho, em kg/ha nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio.....	31
Tabela 6 - Médias observadas de MST milho, em kg/ha nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio	34
Tabela 7 - Médias observadas de altura de planta milho, em m, nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio.....	38
Tabela 8 – Teor de fósforo disponível (mg/dm ³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.....	45
Tabela 9 – Médias dos teores de sódio disponível (mg/dm ³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.....	48
Tabela 10 – Médias dos teores de potássio disponível (mg/dm ³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.....	49

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área experimental no Município de Frei Martinho, Paraíba.....	22
Figura 2 – Croqui do experimento.....	23
Figura 3 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na matéria verde total de plantas de milho em duas colheitas.....	30
Figura 4 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na matéria seca total de plantas de milho em duas colheitas.....	33
Figura 5 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na área foliar de plantas de milho em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significa diferença estatística significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade.....	35
Figura 6 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na altura de plantas de milho em duas colheitas.....	37
Figura 7 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no diâmetro caulinar de plantas de milho em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significa diferença estatística significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade.	39
Figura 8 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no índice SPAD de plantas de milho em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significa diferença estatística significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade.....	40
Figura 9 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no Índice de Uso Eficiente de Água de plantas de milho em duas colheitas.....	42
Figura 10 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no pH do solo cultivado com milho, em três épocas de amostragem. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significa diferença estatística significativa pelo teste e Tukey, a 5% de probabilidade.....	44
Figura 11 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no teor de sódio disponível (mg/dm ³) do solo cultivado com milho sob consórcio.....	47
Figura 12 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no teor de potássio disponível (mg/dm ³) do solo cultivado com milho sob consórcio.....	49
Figura 13 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no COT do solo cultivado com milho em três épocas de amostragem. Letras maiúsculas iguais, ao lado da média, significa que não há diferença estatística significativa pelo teste e Tukey a 5% de probabilidade.....	51

RESUMO

No Brasil, estima-se que a área plantada com milheto (*Pennisetum glaucum*) seja superior a dois milhões de hectares. Trata-se de uma cultura resistente à seca, mas que também responde bem às práticas de irrigação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação com água residuária na cultura do milheto em consórcio com feijão lablab (*Dolichos lablab*) em condições de campo, no semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido no município de Frei Martinho-PB, em condições de campo. Foram adotados dois delineamentos experimentais: i) para as variáveis relacionadas às plantas, adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no espaço no esquema 5x2x2, sendo cinco lâminas (40, 60, 80, 100 e 120% da água disponível do solo) na parcela, o consórcio do milheto com o feijão lablab (com e sem) na subparcela e duas colheitas (1º e 2º cortes) na subdivisão, com 4 repetições; ii) para as variáveis relacionadas ao solo, semelhante ao primeiro, com acréscimo de uma época de amostragem na subparcela (3 coletas). A irrigação com água residuária influenciou a produção de biomassa do milheto. O maior crescimento, produtividade e atividade fotossintética do milheto foram observados no primeiro corte. O consórcio com feijão lablab não afetou o crescimento e a produção do milheto. As produtividades máximas de biomassa do milheto (55.087 kg MV/ha e 11.117 kg MS/ha) foram obtidas na lâmina correspondente a 120% da água disponível. A maior eficiência do uso da água ocorreu na menor lâmina de água aplicada. No solo, os teores de potássio e de fósforo diminuíram. Já o sódio e o pH aumentaram. Não houve alteração no teor de carbono orgânico.

Palavras-chave: *Dolichos lablab* L., *Pennisetum glaucum* L., forragem, água disponível, produtividade.

ABSTRACT

In Brazil, planted area with millet (*Pennisetum glaucum*) is estimated to be over two million hectares. It is a drought resistant crop, but it also responds well to irrigation and consortium practices with *Fabaceae* species. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different irrigation slides with the residual water in millet culture in a consortium with lablab bean (*Dolichos lablab*), under field conditions, on brazilian semiarid. The experiment was conducted in the municipality of Frei Martinho-PB. Two experimental designs were adopted: i) for the plant, the randomized block design was used, with plots sub-divided into space (5x2x2 scheme), with five slides (40, 60, 80, 100 and 120% of available water), In the millet consortium with the lablab bean (with and without) and with two cultivation cycles (1st and 2nd cycles) in the sub-plot, with 4 replicates; ii) for the soil related characteristics, similar to the first one, with an increase of sampling time in the subplot (3 field collections). Irrigation with residual water influenced the production of millet biomass. The highest growth, productivity and photosynthetic activity of millet were observed in the first crop cycle. The consortium with lablab did not affect the growth and production of millet. The maximum yields of millet biomass (55,087 kg GM / ha and 11,117 kg DM / ha) were corrected in 120% of the available water. The greater efficiency of the use of water in the smallest blade of applied water. In the soil, phosphorus and potassium content decreased. However the sodium and the pH increased. There was no change in the soil organic carbon content.

Palavras-chave: *Dolichos lablab* L., *Pennisetum glaucum* L., forage, available water, productivity.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, não há dados oficiais quanto à área plantada com milheto, mas autores estimam que sejam 2 milhões de hectares (BONAMIGO, 1999; DIAZ-MARTINS *et al.*, 2018), tendo apresentado crescimento nos últimos anos (SANTOS, 1999; MACHADO, 2014). No entanto, a cultura ainda é pouco conhecida por produtores rurais do país, sobretudo na região Nordeste, principalmente por falta de divulgação de métodos de produção específicos.

Na maior parte da região semiárida do Brasil, a produção agrícola de forragem ainda é incipiente (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2015), sobretudo por causa da irregularidade das chuvas e da escassez de água para a irrigação. Uma das maneiras de se aumentar a oferta de água disponível para a irrigação é através do reuso (BARRETO *et al.*, 2013). A água residuária de origem doméstica contém nutrientes, matéria orgânica e condicionantes do solo que melhoram o estabelecimento das culturas e aumentam sua produtividade (WANG *et al.*, 2007; QADIR *et al.*, 2010). A gestão adequada dessa parcela dos recursos hídricos é essencial à sustentabilidade da atividade agrícola (BAE e DALL'ERBA, 2018), inclusive considerando-se o monitoramento das alterações que podem ocorrer no agroecossistema (BARRETO *et al.*, 2013).

A irrigação com esgoto doméstico tem se mostrado viável na cultura do milheto. Santos Junior *et al.* (2015) verificaram, em vasos, que a aplicação de efluente doméstico com urina humana aumentou a produção de massa de grãos comparada com a aplicação de água de abastecimento. Asgharipour e Azizmoghaddam (2012) constataram que a irrigação de plantas de milheto com esgoto bruto ou diluído, sem variação de níveis de água disponível no solo, estimula os parâmetros de crescimento e produtividade.

Dentre as propriedades do milheto, estão a sua utilização como cobertura do solo e como fonte de grãos e forragem na alimentação animal, sobretudo em regiões com a escassez de água, pois, dentre as características agrônômicas de destaque, está a alta resistência ao déficit hídrico (JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017). Além disso, a cultura possui adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido, ciclo curto, boa produção de biomassa, resistência a altas temperaturas, elevado valor nutritivo, alta capacidade de rebrota e possibilidade de seu cultivo em consórcio (SANTOS, 1999; KOLLET *et al.*, 2006; PINHO *et al.*, 2013; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2015; OLIVEIRA

et al., 2017; SINGH *et al.*, 2017). Assim, pode ser considerada uma cultura com potencial para o semiárido brasileiro (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2015).

Outra estratégia para se obter ganhos de produtividade dessa cultura é através do consórcio com leguminosas. Inúmeras pesquisas já foram realizadas com obtenção ganhos de produtividade, com destaque para as de Oliveira *et al* (2017), com feijão caupi, Rodrigues *et al.* (2012), com crotalária e mucuna, Montanari *et al.* (2012), com guandu, Teixeira *et at.* (2010), com feijão-de-porco entre outros. O consórcio com leguminosas, além de aumentar a produtividade, melhora a eficiência de uso da água e reduz a competição com plantas espontâneas. No entanto, Nelson *et al.* (2018) verificaram redução na produtividade de milho consorciado com feijão caupi na Índia. O feijão lablab (*Dolichos lablab* L) é uma herbácea perene e cultivada como anual, destacando-se como ótimo adubo verde e apresenta boa produção de forragem (CORTEZ *et al.*, 2009), mas com pouquíssimos estudos, sobretudo no consórcio com cultura do milho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação com esgoto doméstico na cultura do milho cultivado com feijão lablab em duas épocas de corte.

2.2 Objetivos específicos

2.1 Avaliar o crescimento e a produtividade de biomassa do milho irrigado com esgoto doméstico cultivado com lablab em duas épocas de corte;

2.2 Estimar a eficiência do uso da água da cultura do milho irrigado com esgoto doméstico em duas épocas de corte.

2.3 Mensurar as alterações nas propriedades químicas do solo cultivado com milho cultivado com lablab e sob irrigação com esgoto doméstico em duas épocas de corte.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do milheto

O milheto, também conhecido como milheto pérola, ou, simplesmente, painço, é uma espécie que pertence à família *Poaceae*. O gênero *Pennisetum* abriga mais de 140 espécies (BRUNKEN, 1977). Tem recebido distintos nomes de espécie, como *P. Glaucum*, *P. Typhoides* e *P. Americanun* (SILVA, 2013), no entanto, o nome *Pennisetum Glaucum L.* parece ser o mais apropriado (SHEAHAN, 2014).

É originário da África, já sendo cultivado desde 4 a 5 mil anos atrás. Desse modo, tanto a seleção natural quanto a antrópica, fizeram com que essa cultura evoluísse a ponto de tolerar déficit hídrico, baixa fertilidade do solo, baixo pH e altas temperaturas (KICHEL e MIRANDA, 2000; DANTAS e NEGRÃO, 2010; TAYLOR, 2016; SINGH *et al.*, 2017). Segundo Taylor (2016), atualmente, o milheto é cultivado principalmente na Índia e na África e tem sido, quase que exclusivamente, uma cultura de subsistência nessas regiões. Estima-se que a área cultivada, no mundo, seja superior a 31 milhões de hectares (ULLAH *et al.*, 2017), portanto é o quinto cereal mais importante no mundo, atrás do trigo, arroz, milho, sorgo (GHATAK *et al.*, 2016).

Os primeiros relatos da presença da planta de milheto, no Brasil, vêm do Rio Grande do Sul, datados do ano de 1929, como planta forrageira para pastoreio do gado. Nos Cerrados, destacou-se, no início dos anos 90, como planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto (DANTAS e NEGRÃO, 2010). Tem sua dupla aptidão bastante explorada, por se tratar de uma cultura com alto potencial produtivo de grãos ou silagem de alta qualidade (SILVA, 2013; TAYLOR, 2016). Embora não haja dados consistentes, há estimativas de que a área plantada, no Brasil, seja superior a 2 milhões de hectares (BONAMIGO, 1999; DIAZ-MARTINS *et al.*, 2018).

No Brasil, devido à alta heterogeneidade edafoclimática e às diferentes demandas para produção de grãos e forragem, várias cultivares foram desenvolvidas, destacando-se IPA-BULK 1, SYNTHETIC-1, BN-1, BN-2, ENA 1, ADR 300, ADR 500 e BRS 1501 (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003). A BRS 1501 foi lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, em 1999, e é adaptada a condições que oferecem riscos de déficit hídrico, além de apresentar bom potencial de produção de grãos. Possui ciclo médio, boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003).

O milho é uma gramínea ereta que atinge altura de 1,50 a 3,00 m. A planta desenvolve panículas cilíndricas compactas de 2 a 3 cm de diâmetro e de 15 a 60 cm de comprimento, capazes de produzir entre 500 e 2000 sementes por panícula (TAYLOR e KRUGER, 2016). Suas sementes são ovais, semelhantes a uma pérola, e têm de 3 a 4 mm de comprimento. Em geral, 1000 sementes têm peso médio de 8 g (DIAZ-MARTINS *et al.*, 2018)

É uma forrageira que pode ser usada no pastejo direto, para corte, silagem e colheita de grãos para rações (VITAL *et al.*, 2015) e produz bastante biomassa, atingindo acima de 20 toneladas de matéria seca por hectare (PINHO *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2017) e até 1500 kg/ha de sementes (GORGEN *et al.*, 2016). A folhagem tenra e nutritiva, palatável e atóxica, surge como alternativa para intensificar a produção animal, com teores de proteína bruta atingindo de 11 a 19% (AMARAL *et al.*, 2008; PINHO *et al.*, 2013; FROTA *et al.*, 2015). Seus grãos têm maior teor de óleo e, portanto, maior energia, maior teor de proteína e proteína de melhor qualidade e seus níveis de macro e micronutrientes são semelhantes aos dos principais cereais (TAYLOR, 2016; TAYLOR e KRUGER, 2016).

É uma planta que tem o sistema radicular profundo e abundante (MOREIRA *et al.*, 2015); passível de mecanização (SILVA, 2013); apresenta resistência às pragas e a doenças (NAGARAJA e DAS, 2016); facilidade de produção de sementes; elevado perfilhamento e capacidade de rebrota (RIBEIRO, 2014). É uma forrageira anual, de ciclo curto (de 60 a 120 dias), amplamente utilizada por ser uma cultura que se adapta bem a vários ambientes, sobretudo às regiões áridas e semiáridas (TAYLOR, 2016; SINGH *et al.*, 2017; NOOR *et al.*, 2018; DIAZ-MARTINS *et al.*, 2018) Surge como alternativa para intensificar a produção animal e suprir as necessidades da agricultura na região semiárida, sobretudo em períodos de escassez de água, por produzir abundante biomassa de alta qualidade (VITAL *et al.*, 2015; TAYLOR, 2016). O frio é um fator limitante e não possui grande resistência a geadas, bem como ao excesso de água (GORGEN *et al.*, 2016; JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Sua adaptação à seca se deve principalmente ao mecanismo de se instalar rapidamente no terreno, encurtando o seu ciclo (SOBRINHO, 2007), além de ser uma planta C4 (SILVA, 2013) que muda significativamente sua condutância estomática para diminuir a evapotranspiração, aumentando o crescimento radicular para absorver mais água, quando está sob déficit hídrico (GHATAK *et al.*, 2016). Entretanto, em situações de ótima oferta de água, é altamente responsiva e eficiente (ULLAH *et al.*, 2017)

3.2 Irrigação do milho e uso eficiente de água

Apesar de ser uma cultura pouco exigente em água (menos de 350 mm por ciclo), quando comparada ao milho ou ao sorgo, por exemplo (ULLAH *et al.*, 2017; NELSON *et al.*, 2018), trata-se de uma cultura que é responsiva às boas práticas de produção (época e densidade de plantio, aplicação de adubação nitrogenada, irrigação, etc.).

O milho fixa o máximo de dióxido de carbono com a boa disponibilidade de água (ULLAH *et al.*, 2017). Assim, a eficiência no uso de água é afetada pela irrigação (NIELSEN e VIGIL, 2017) e por outros fatores, como adubação (IBRAHIM *et al.*, 2015) e densidade de plantio (TRINDADE *et al.*, 2017).

Singh e Singh (1995) também relataram que as maiores eficiências no uso de água se deram sob condições ótimas de água no solo. Nesse mesmo estudo, as plantas de milho tiveram a menor redução de matéria seca e maior eficiência de uso da água do que o sorgo e o milho quando submetidas ao ambiente com nível de água adequado e sob déficit. Nielsen e Vigil (2017) relataram, ainda, que a eficiência de uso de água foi de 32,57 kg MS mm⁻¹ ha⁻¹ no milho sob irrigação no Colorado, EUA.

Por outro lado, Seghatoleslami *et al.* (2008), estudando o milho sob vários regimes hídricos, verificaram que as maiores eficiências no uso da água se davam quando a planta estava sob déficit hídrico. Rostamza *et al.* (2011) observaram um aumento da eficiência de uso da água e do percentual de proteína bruta com o aumento do déficit hídrico de 100% da água disponível para 40% da água disponível. No entanto, houve redução da matéria seca total, do índice de área foliar e da eficiência de utilização do nitrogênio. Jayme-Oliveira *et al.* (2017) trabalharam com irrigação do milho BRS 1501 no cerrado sob quatro regimes hídricos classificados como baixo, médio inferior, médio superior e superior, correspondentes a 217, 386, 563, e 647 mm, e verificaram que as maiores biomassas foram obtidas no nível mais baixo de água aplicada, atribuindo isso à rusticidade da espécie e à agressividade do sistema radicular.

O primeiro impacto do déficit hídrico é a redução do número de folhas por planta (GOLOMBEK e AL-RAMAMNEH, 2002) e da área foliar (NAGAZ *et al.*, 2009). Diouf *et al.* (2004) e Van Oosterom *et al.* (2003) relataram que o déficit hídrico reduz a produção de forragem e a produção de matéria seca. O déficit hídrico pode diminuir o total de nutrientes digestíveis, diminuindo a qualidade da forragem, diminuir

a absorção de nutrientes, como nitrogênio, e, quanto maior a depleção de água no solo, menor pode ser a receita e o lucro com o sistema produtivo (ROSTAMZA *et al.*, 2011).

Assim, sob as condições de seca, mais produção por unidade de água aplicada é a principal preocupação (ZEGADA-LIZARAZU e IIJIMA, 2005) e, portanto, a determinação da eficiência do uso de água é essencial.

Apesar de ser uma planta adaptada à seca, a utilização da irrigação pode promover ainda aumento na eficiência no uso da radiação, aumento da extensão do caule, alta taxa de crescimento, alto índice de área foliar e maior desempenho das plantas quando a temperatura do solo é muito alta (MCINTYRE *et al.*, 1993; ULLAH *et al.*, 2017). É possível haver o melhoramento da qualidade das sementes do milho, conforme verificado por Jornada *et al.* (2008), em experimento realizado no Rio Grande do Sul. Assim, irrigações sob déficit moderado e aplicações frequentes de água, com turnos de rega de 2 a 3 dias, parecem ser mais razoáveis para que rendimentos aceitáveis sejam atingidos (ZOOLEH *et al.*, 2011).

3.3 Água residuária no milho

A quantidade de água residuária gerada por usos domésticos aumentou com o crescimento da população, a urbanização, a melhoria das condições de vida e o desenvolvimento econômico (QADIR *et al.*, 2010). O uso dessa água nos sistemas de produção agrícola também aumentou, uma vez que inúmeros agricultores, em áreas urbanas e periurbanas de países em desenvolvimento, dependem delas para irrigar cultivos (MOUSAVI *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, a reutilização de águas residuárias experimentou um crescimento muito rápido (SHILPI *et al.*, 2018). Estima-se que a vazão de esgotos domésticos reutilizados, na América Latina, é da ordem de 400 m³/s e cerca de 500.000 hectares de terras agrícolas são irrigados com águas residuárias (AZIZ e FARISSI, 2014). Esse uso, para fins de irrigação, emergiu como uma maneira importante de utilizar as águas residuais, aproveitando a presença de quantidades consideráveis de N, P, K e Ca, juntamente com outros nutrientes essenciais (SHILPI *et al.*, 2018).

No entanto, constituintes indesejáveis, em águas residuais, podem prejudicar a saúde humana, o meio ambiente e as plantas (QADIR *et al.*, 2010; BARRETO *et al.*, 2013; SHILPI *et al.*, 2018), sobretudo em países em desenvolvimento, que não conseguem tratar adequadamente os esgotos brutos (SHILPI *et al.*, 2018). Portanto, a

irrigação com águas residuais deve ser tratada com preocupação de modo a evitar os impactos adversos dessa prática (QADIR *et al.*, 2010). Diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), revisadas em 2006, e das Resoluções CNRH nº 54 e CNRH nº 121 (BRASIL, 2005; BRASIL 2010), para o uso de esgotos, sugerem que essas águas sejam utilizadas somente em culturas com colheitas mecanizadas ou não-comestíveis, de modo a minimizar os riscos associados à saúde pública (QADIR *et al.*, 2010; SHILPI *et al.*, 2018). Nesse contexto, o milho se insere como uma cultura que atende a esses requisitos.

O incremento da produção do milho é afetado significativamente pelos nutrientes presentes na água de irrigação. A aplicação com esgoto doméstico bruto ou tratado estimula os parâmetros de crescimento e produtividade das plantas, bem como afeta positivamente as concentrações de macro e micronutrientes. Esses benefícios são atribuídos à presença de altos níveis de nutrientes essenciais, como N, P e matéria orgânica nas águas residuárias (ASGHARIPOUR e AZIZMOGHADDAM, 2012).

Esses nutrientes também podem ser benéficos ao solo (WANG *et al.*, 2007; BARRETO *et al.*, 2013) e normalmente não provocam efeito negativo sobre o milho (ASGHARIPOUR e AZIZMOGHADDAM, 2012). O uso de esgoto tratado também não provoca alteração na qualidade da forragem em termos de proteína bruta, amido ou lisina e aumenta sua produtividade (WANG *et al.*, 2007). Além disso, pode inclusive substituir a adubação convencional, com ótimos resultados em termos de massa de grãos e eficiência do uso da água (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2015).

De maneira geral, a irrigação com água residuária promove aumento no rendimento dos grãos e na qualidade da forragem, como carboidratos solúveis, proteína bruta, cinzas, digestibilidade da matéria seca, diminuindo significativamente a percentagem de lignina (AGHTAPE *et al.*, 2011). O milho irrigado com água residuária teve produção de matéria fresca e seca 54,01 e 16,59 t/ha, respectivamente, contra 43,97 e 13,40 t/ha, respectivamente, na irrigação com água doce (ALKHAMISI, 2014).

No entanto, efeitos adversos já foram verificados pela utilização de águas residuárias da indústria vinícola com redução significativamente na germinação e no crescimento vegetativo do milho, sendo este o mais afetado dentre outras espécies estudadas (MOSSE *et al.*, 2010). Além disso, é possível que ocorra o acúmulo de nutrientes e elementos indesejáveis na biomassa dessas plantas, diminuindo inclusive a segurança alimentar (DIOGO *et al.*, 2010). Assim, cuidados com a qualidade e

quantidade de água devem ser regularmente monitorados para que os potenciais impactos negativos dessa prática possam ser minimizados.

3.4 Milheto em consórcio

O consórcio de culturas é uma importante estratégia de produção de milheto, pois pode levar à melhoria de produtividade por unidade de área, quando comparado com o cultivo solteiro (RODRIGUES *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Além disso, as características bromatológicas são pouco afetadas pelo cultivo em consórcio (TIRITAN *et al.*, 2013), o que garante uma forragem e grãos com boa qualidade.

As explicações para os benefícios dos sistemas consorciados estão tipicamente relacionados a, pelos menos, um dos três fatores seguintes (BROOKER *et al.*, 2015): primeiro, o uso complementar de nichos de recursos, especialmente em termos do diferente comportamento do enraizamento das culturas. O consórcio pode, por exemplo, aumentar a densidade e o comprimento das raízes no subsolo (SCHRÖDER e KÖPKE, 2012); segundo, a combinação de diferentes culturas pode resultar em melhor proteção do sistema contra pragas e doenças (LEROI *et al.*, 1990); terceiro, o consórcio leva ao desenvolvimento de uma estrutura de dossel mais complexa que pode ajudar a gerar um microclima mais favorável, que poderia reduzir potencialmente a evaporação da água do solo, especialmente em condições de seca (GREMA e HESS, 1994; TSUBO *et al.*, 2004).

A presença do consórcio pode promover ainda um aumento da comunidade microbiana, o que provocaria maior decomposição e mineralização de nutrientes (DIAKHATÉ *et al.*, 2016) e melhoria na eficiência de uso de água (GREMA e HESS, 1994). Quando da prática do plantio direto, a incorporação do milheto consorciado com leguminosas comumente aumenta a disponibilidade de nutrientes para a cultura sucessora, quando comparado com o cultivo solteiro (COSTA *et al.*, 2014; HERRADA *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2012).

Na África, é muito comum o consórcio de milheto com feijão caupi em pequenas propriedades, pois diversifica a cultura e reduz o risco de perdas (SPRENT *et al.*, 2010). No Brasil, pesquisas indicam o consórcio do milheto com várias leguminosas, como crotalária e mucuna (RODRIGUES *et al.*, 2012; HERRADA *et al.*, 2017), feijão-de-porco (TEIXEIRA *et al.*, 2010; HERRADA *et al.*, 2017), feijão caupi (OLIVEIRA *et al.*, 2017), feijão guandu (TIRITAN *et al.*, 2013; HERRADA *et al.*,

2017) e soja (ANDRADE *et al.*, 2017). Em poucas destas pesquisas, verifica-se vantagem na utilização do consórcio sobre a produção de biomassa, comparado com o cultivo solteiro. Para o consórcio de milho com feijão lablab, são escassos os resultados de pesquisas.

Apesar de todos esses benefícios, o consórcio na cultura do milho pode provocar redução na produtividade, conforme verificado por Nelson *et al.* (2018). Essa redução pode ser não só na produção de grãos, mas na biomassa como um todo, provavelmente associado à competição por água e nutrientes (NELSON *et al.*, 2018). Dessa forma, é necessário estudar especificamente cada caso.

3.5 Feijão lablab (*Dolichos lablab* L.)

O feijão lablab é uma leguminosa herbácea com produtividade que pode chegar a 14 t/ha de matéria seca quando irrigado. Floresce entre 12-14 semanas e, para silagem, pode ser cortado após 12 semanas de crescimento (HAVILAH, 2007).

É uma cultura que pode produzir ração de alta qualidade, uma vez que, aproximadamente, metade da biomassa é composta por folhas e a outra metade por caule. A digestibilidade foliar é de 60-75% e a digestibilidade do caule é de 50-55%. A proteína bruta das folhas é de cerca de 20% e a do caule é de cerca de 10%. Sob pastoreio, o rebanho deve ser removido quando as folhas são comidas para permitir o crescimento, pois o corte severo restringirá a produção. No próprio preparo de rações, esta leguminosa pode ser misturada ao milho e ao sorgo, pois fixam nitrogênio e fornecem proteína (HAVILLAH, 2007).

São escassos os trabalhos com lablab em consórcio com o milho, mas seu consórcio com milho e sorgo já é conhecido (LOVADINI *et al.*, 1972; MARTINS, 1994; SHEHU, 1999; NAKAGAWA *et al.*, 2009; CORTEZ *et al.*, 2009; MTHEMBU *et al.*, 2018).

Resultados indicaram superioridade do consórcio comparado com cultivo solteiro. Os rendimentos de grãos de milho e forragem foram positivamente influenciados pelo consórcio com lablab. Além disso, essa associação aumentou significativamente a proteína bruta das folhas de milho e reduziu o conteúdo de fibras nas folhas (MTHEMBU *et al.*, 2018). A população de plantas espontâneas também é reduzida pela presença do lablab consorciado na cultura do milho (MARTINS, 1994).

De maneira geral, não se verifica alteração significativa na produção do milho consorciado com o lablab (LOVADINI *et al.*, 1972). O número de espigas viáveis, índice de espiga, estande final, biomassa seca da palhada, produtividade, fluxo de grãos e as perdas na colheita não foram afetados pelo consórcio (CORTEZ *et al.*, 2009)

Por outro lado, no consórcio do sorgo com o lablab, houve redução da produção de forragem comparada ao cultivo solteiro, provavelmente associado à maior competição por nutriente, apesar da biomassa total (lablab + sorgo) ter sido maior no consórcio (SHEHU, 1999). Neste mesmo experimento, houve aumento dos teores de proteína bruta no sorgo, demonstrando um maior aproveitamento do nitrogênio da leguminosa. Nakagawa *et al.* (2009) também observaram que a competição, no consórcio, afetou negativamente a produtividade e as características física e fisiológicas das sementes de sorgo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área experimental

O estudo foi realizado em condições de campo do município de Frei Martinho, localizado na região Central Norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião Seridó Oriental Paraibano (Figura 1), no período de janeiro a junho de 2017.

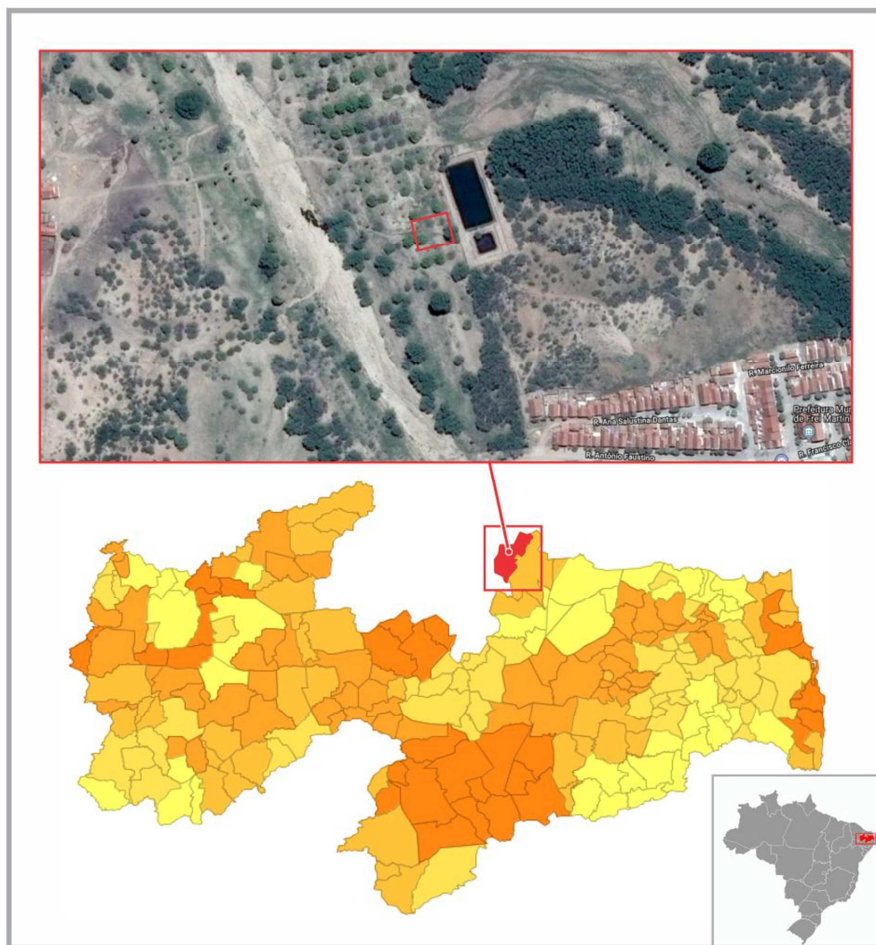


Figura 1 - Mapa de localização da área experimental, no Município de Frei Martinho, Paraíba.

A área experimental está localizada no Sítio Caboré, que fica aproximadamente a 1 km do núcleo urbano do município. As coordenadas geográficas da área de estudo são: Latitude: $6^{\circ}24'6,40''S$ e Longitude: $36^{\circ}27'29,07''O$ e Altitude de 366 m.

Com base na classificação de Köppen, o clima é do tipo BSh, semiárido quente. As temperaturas mínimas variam de 18 a 22 °C nos meses de julho e agosto e as

máximas se situam entre 28 e 31° C nos meses de novembro e dezembro. A umidade relativa do ar fica entre 70 e 80%. A precipitação média no município é de 438,4 mm (1996-2018), com maior concentração nos meses de março a maio (AESA, 2018), conforme Tabela 1. A evaporação de tanque Classe A é de cerca de 2400 mm/ano (MOLLE e CADIÉ, 1992).

Tabela 1 – Precipitação pluviométrica de Frei Martinho – PB, de 1996 a 2018.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média/Total
1996-2018	50,3	57,1	86,1	107,9	65,4	25,9	16,2	9,6	1,8	5,9	1,6	12,8	438,4
2017	8,2	74,2	38	106,9	36,4	0	50,7	0	0	0	3,8	11,2	329,4

4.2 Instalação e condução do experimento

A área foi arada e gradeada mecanicamente, incorporando-se a vegetação preexistente. Tratava-se de uma área de pastagem com capim buffel. Não foi realizada adubação ou correção no solo.

Cada parcela experimental tinha 3,0 x 5,0 m, perfazendo um total de 15 m², sendo composta por 6 linhas de plantas com 5,0 metros de comprimento cada, com espaçamento de 0,50 m entre linhas e de 0,30 cm entre plantas, perfazendo 66.667 plantas por hectare. As duas linhas laterais foram consideradas bordadura. A área experimental total tinha cerca de 750 m² e foi cercada com cerca telada. Na Figura 2, apresenta-se o croqui da área experimental.

		Tratamento					
		Lâmina 1 120% da água disponível	Lâmina 2 100% da água disponível	Lâmina 3 80% da água disponível	Lâmina 4 60% da água disponível	Lâmina 5 40% da água disponível	
Repetição	Milheto	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto	Bloco 1	
	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto	Milheto	Milheto Lablab		
	Milheto Lablab	Milheto	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Bloco 2	
	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto	Milheto		
	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto	Milheto	Bloco 3	
	Milheto Lablab	Milheto	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab		
	Milheto	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto Lablab	Milheto	Bloco 4	
	Milheto Lablab	Milheto	Milheto	Milheto	Milheto Lablab		

Figura 2 - Croqui da área experimental.

A semeadura foi realizada, colocando-se 5 sementes de ambas as culturas por berço, a aproximadamente 2 cm de profundidade. Após 15 dias da semeadura, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta de cada espécie por berço. Foram utilizadas sementes de milho (cultivar BRS 1501) e de feijão lablab (cultivar Rongai), obtidas de revendedor comercial. A cada 30 dias, a área teve as plantas daninhas capinadas.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2018). Foi realizada análise química e física do solo no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande, cujos resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise físico-química do solo.

pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	Al	SB	CTC	N	COT	CC	PMP
H ₂ O	-- mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----							g dm ⁻³	g kg ⁻¹		

6,82	111,5	153,6	3,29	3,21	0,20	0,77	0,0	7,19	7,96	0,06	7,31	7,53%	4,18%
Classificação			Granulometria						DS				
Textural			(%)						(kg/dm ³)				
			Areia		Silte		Argila						
Areia Franca			80,76		16,17		3,07		1,50				

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – Sódio; H – hidrogênio; Al – alumínio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; N – nitrogênio; COT – carbono orgânico total; CC – Capacidade de Campo; PMP – Ponto de Murcha Permanente; DS – Densidade do solo.

4.3 Manejo da irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores espaçados a cada 30 cm e vazão unitária de 2,0 L/hora/emissor. O sistema foi composto de um moto bomba à gasolina de 5 cv, cabeçal de controle com registros, filtro de disco 200 mesh e linha de distribuição em mangueira de polietileno. Foi instalada uma linha lateral por fileira de plantas.

Todas as parcelas receberam a mesma quantidade de água para a germinação e para o estabelecimento das plantas. Após 30 dias da semeadura, quando as plantas se estabeleceram, iniciou-se o controle da irrigação com a aplicação do equivalente às

lâminas de 40%, 60%, 80%, 100% e 120% de água disponível na camada de 0-30 cm. O turno de rega foi de dois dias e priorizou-se irrigar no final da tarde. Quando da ocorrência de precipitação de 5 mm, ou mais, não foi irrigado. Durante o período experimental, foi computada a precipitação (Tabela 4).

O esgoto doméstico utilizado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Frei Martinho-PB. Sistema de tratamento é composto de tratamento preliminar, com caixa de areia e grade, seguida de uma lagoa anaeróbica e de uma lagoa facultativa.

Realizou-se a análise físico-química do esgoto doméstico no Laboratório de Água e Efluentes do Centro de Tecnologia do Couro e do Calçado Albano Franco, SENAI-PB, na cidade de Campina Grande. A coleta e as análises foram realizadas conforme APHA (1999). Na Tabela 3, apresentam-se os resultados das análises físico-químicas da água utilizada na irrigação.

Tabela 3 – Análise físico-química do esgoto doméstico tratado de Frei Martinho-PB.

Parâmetros analisados (unid.)	Resultado
Sólidos totais (mg/L)	1,682
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1,382
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	210
Dureza relacionada ao cálcio (mg Ca/L)	38
Dureza relacionada ao magnésio (mg Mg/L)	28
Cloreto (mg Cl/L)	418
Ferro total (mg/L)	6,20
Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /L)	398,5
Alumínio (mg Al ³⁺ /L)	4,60
Potássio (mg K ⁺ /L)	20,81
Fósforo total (mg P/L)	18,47
Nitrito (mg NO ₂ /L)	4,92
pH	8,09
Condutividade elétrica (mS/cm)	2,07

4.4 Delineamento experimental e coleta de dados

4.4.1 Variáveis das plantas

Foi adotado um delineamento experimental em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no espaço no esquema 5x2x2, sendo cinco lâminas (40, 60, 80, 100 e 120% da água disponível) na parcela, o consórcio do milho com o feijão lablab (com e

sem a presença do lablab) na subparcela e as duas colheitas (1º e 2º cortes) na subsubparcela com 4 repetições.

Foram realizadas análises das variáveis de crescimento e produção do milheto, selecionando-se três plantas aleatoriamente nas linhas centrais para coleta de dados. A coleta de dados da primeira colheita (1º corte) foi realizada 69 dias após a semeadura. Neste momento, todas as plantas da parcela experimental foram cortadas rentes ao solo. Após 62 dias deste corte (131 dias após a semeadura), foi realizada a coleta de dados da segunda colheita (2º corte).

Nas plantas selecionadas, foram avaliadas altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF), sendo esta determinada, medindo-se o comprimento e largura de todas as folhas de cada planta e multiplicado por 0,56 (PIRES et al. 2007). Foi avaliado também o índice SPAD na antepenúltima folha, com três medidas por folha (base, meio e extremidade) com o medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502, que fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila presentes na folha do milheto.

Para a avaliação da biomassa (matéria verde) e fitomassa (matéria seca), foram coletadas plantas inteiras, seccionadas rente ao solo. As amostras foram imediatamente pesadas para obtenção da matéria verde, seguidas de secagem em estufa, com circulação forçada de ar por 96 horas a 65-70 °C e, então, determinada a massa de matéria seca da planta. Em seguida, com a multiplicação pela densidade populacional de plantas, foi obtida a matéria seca e verde por hectare.

4.4.2 Variáveis do solo

Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com parcelas subsubdivididas no espaço no esquema 5x2x3, sendo cinco lâminas (40, 60, 80, 100 e 120% da água disponível) na parcela, o consórcio do milheto com o feijão lablab (c com e sem a presença do lablab) na subparcela e as três épocas de amostragem de solo (antes do cultivo – coleta 1; após o 1º corte do milheto – coleta 2; e após o 2º corte do milheto – coleta 3) na subsubparcela com 4 repetições.

As amostras de solo foram coletadas com trado holandês na camada de 0-20 cm no ponto exato de aplicação de água pelo gotejador. Após secagem, as amostras foram passadas em peneira de malha 2 mm. As análises foram realizadas conforme descrito

em EMBRAPA (2017). O pH foi determinado em suspensão de água 1:2,5. A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black. Potássio e sódio foram extraídos usando HCl 0,05 mol L⁻¹ e determinado por fotometria de chama. Fósforo foi extraído usando HCl 0,05 mol L⁻¹ e determinado por colorimetria.

4.4.3 Eficiência do uso da água

A Eficiência de Uso da Água (EUA) foi determinada com base na quantidade total de água aplicada (TAP), incluindo a água de irrigação e de precipitação (posto pluviométrico de Frei Martinho-PB), e na produção total de matéria seca (TMS), conforme adaptado de Rostamza *et al.* (2011).

$$EUA = TMS \text{ (kg/ha)} / TAP \text{ (mm)} \quad \text{eq. 01}$$

4.5 Análises Estatísticas

Os dados de todas as variáveis foram testados quanto à normalidade pelo teste Shapiro-Wilk, e foram realizadas as transformações, quando necessárias. Posteriormente, realizou-se a análise de variância, utilizando-se o teste F ao nível de até 5% de probabilidade. Para a variável quantitativa, realizou-se de regressão. Para a variável qualitativa com três níveis, foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variâncias estão apresentados nos Apêndices 1 e 2.

5.1. Consumo de Água

Na Tabela 4, apresenta-se o volume de água residuária utilizado nas irrigações em função das lâminas de irrigação aplicadas ao longo do experimento, com a cultura do milho consorciada com feijão lablab. Os tratamentos foram iniciados 30 dias após a semeadura das plantas.

Tabela 4 - Volume de água aplicado via irrigação no período de condução do experimento com a cultura do milho consorciada com feijão lablab para cada tratamento.

Percentual de Água Disponível no solo	Primeiro Corte (69 dias após o plantio – 28 eventos de irrigação, sendo 9 eventos antes do início dos tratamentos)			Segundo Corte (131 dias após plantio corte – 22 eventos de irrigação)		
	Lâmina (mm)	Precipitação (mm)	Lâmina + Precipitação (mm)	Lâmina (mm)	Precipitação (mm)	Lâmina + Precipitação (mm)
40%	233		303	83		220
60%	269		339	124		261
80%	305	70	375	165	137	302
100%	340		410	206		343
120%	376		446	248		385

Antes da primeira colheita, a precipitação ocorrida foi de 70 mm. Já entre a primeira e a segunda colheita, foi de 137 mm. A precipitação total no período do experimento foi de 207 mm. A precipitação total no ano de 2017 foi de 329 mm (AESA, 2018).

No primeiro corte, a lâmina máxima de água residuária aplicada correspondeu a 376 mm e foi 143 mm superior à menor lâmina aplicada. Já, no segundo corte, a lâmina máxima de água residuária aplicada foi de 248 mm, superando a menor lâmina em 165 mm. Apesar da diferença entre a lâmina máxima e mínima ter sido maior no segundo corte, verifica-se que a precipitação total nesse período foi cerca de 95,7% maior que a ocorrida no primeiro corte. Em experimentos de irrigação, altas precipitações podem minimizar os efeitos dos tratamentos, conforme já observado por Silva (2017).

5.2 Variáveis da Planta

5.2.1 Matéria Verde Total

Houve efeito significativo das lâminas de irrigação, na primeira colheita, sobre a matéria verde total do milho com o modelo linear, ajustando-se significativamente ao nível de 5% de probabilidade. Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação, ao nível de até 5% de probabilidade, na segunda colheita. Provavelmente este efeito está associado à maior precipitação ocorrida no período entre a primeira e a segunda colheita, que atingiu 137 mm comparado aos 70 mm ocorridos durante todo o período antes da primeira colheita.

Com o modelo matemático ajustado para a matéria verde total, no primeiro corte, foi estimada uma produtividade máxima de 55.087 kg/ha na lâmina de irrigação máxima, correspondente a 120% da água disponível (Figura 3). Para cada aumento de 1% na água disponível, houve um incremento de 253,40 kg MST/ha nas plantas de milho. Com 40% da água disponível, a produtividade estimada foi de 34.823 kg/ha.

O aumento de produtividade entre a menor e a maior lâmina testada foi de 58,2%. Esse incremento inclusive é maior do que o obtido para a matéria seca, permitindo supor que plantas de milho que receberam mais água de irrigação apresentaram maior teor de água, ou seja, estavam mais turgidas, corroborando Zooleh *et al.* (2011), estudando plantas de milho cultivadas em vasos, no Irã.

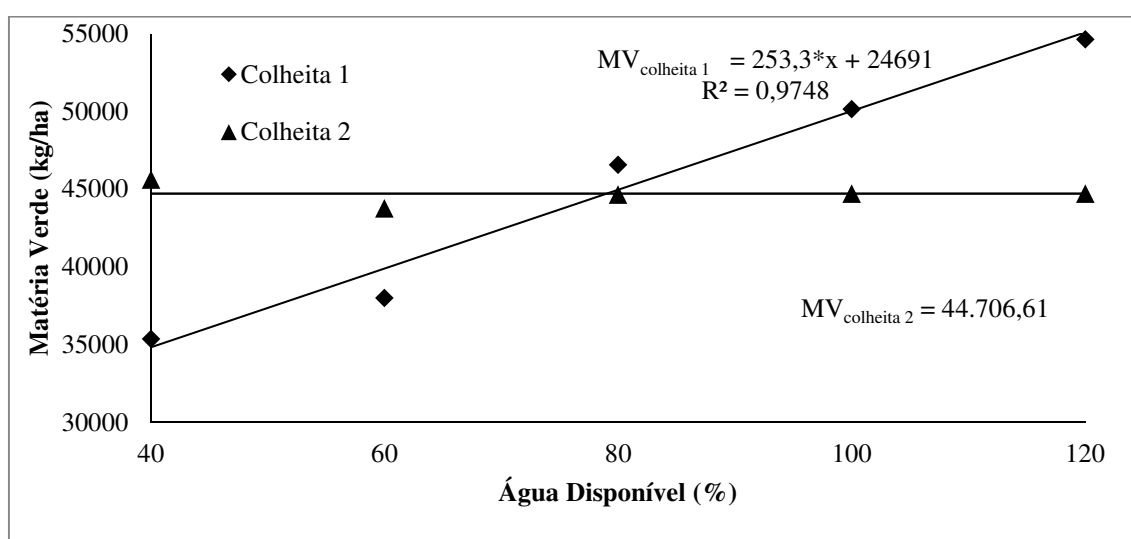


Figura 3 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na matéria verde total de plantas de milho em duas colheitas.

A produtividade máxima do milho obtida na lâmina máxima foi de 55.087 kg ha⁻¹, sendo superior à média estimada pela Embrapa para esta cultivar, que é de 40 toneladas/hectare (PEREIRA FILHO et al., 2003). É possível que isso esteja associado a uma melhor expressão do potencial genético destas plantas ao serem submetidas à irrigação com água residuária, que, além de suprimento hídrico, contém nutrientes essenciais na forma dissolvida, conferindo alto status nutricional (KHAN et al., 2012; SANTOS JUNIOR et al., 2015; MOUSAVI et al., 2015; AL-KHAMISI et al., 2016; SHILPI et al., 2018).

Al-khamisi et al. (2016), em experimento realizado em Oman, observaram produções de massa verde de milho de 51,26 t/ha com irrigação com água residuária, muito próxima ao obtido neste experimento. Já com água de fontes convencionais, a produção de foi de 44,78 t/ha.

Zooleh et al. (2011), conduzindo experimento em vasos com turno de rega de dois, três e quatro dias, no cultivo de milho, no Irã, observaram redução na biomassa verde com o aumento do déficit hídrico no solo. Rostamza et al. (2011), trabalhando com déficit hídrico em milho irrigado com água de qualidade, no Irã, concluíram que a variação da redução água disponível no solo de 40 para 100% resultou numa diminuição progressiva na matéria seca total. Os valores obtidos por eles foram superiores aos neste experimento. No menor nível de água disponível, obtiveram 43,27 t/ha e, no maior, obtiveram 106,70 t/ha. Essas maiores produtividades podem estar associadas à densidade de plantio que utilizaram (333.333 plantas/hectare), à variedade (híbrido Nutrifeed), às lâminas de irrigação (a menor lâmina foi de 500 mm) e ao tempo de colheita, que atingiu 165 dias.

Apesar da baixa produção de biomassa verde no menor nível de água disponível no solo, verifica-se um valor ainda considerável, próximo ao valor apresentado por Pereira Filho et al. (2003). Isso pode estar associado à inibição da abertura estomática, em algum grau, de modo a reduzir a perda de água e manter a turgidez (ZOOLEH et al., 2011). O milho, por ser uma planta C4, consegue mudar significativamente sua condutância estomática para diminuir a evapotranspiração e aumenta o crescimento radicular para absorver mais água, quando está sob déficit hídrico (GHATAK et al., 2016).

Não houve efeito significativo do consórcio com feijão Lablab nem das interações e desdobramentos com lâmina ou colheita na MVT. No primeiro corte, as médias observadas foram de 48.427,75 e 41.481,99 kg MVT/ha, sem e com consórcio respectivamente. Já no segundo corte, as médias observadas foram de 43.845,88 e 45.567,35 kg MVT/ha, sem e com consórcio respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias observadas de MVT milheto, em kg/ha, nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio.

	Colheita 1	Colheita 2
Sem Consórcio	48.427,75 aA	43.845,88 aA
Com Consórcio	41.481,99aA	45.567,35 aA

Letras maiúsculas e minúsculas iguais, nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Oliveira *et al.* (2017), em experimento de campo no Rio de Janeiro, Brasil, verificaram efeito negativo da presença de feijão caupi em consórcio sobre a matéria verde de milheto. Já Rodrigues *et al.* (2012), em experimento no Cerrado do Mato Grosso, Brasil, não obtiveram efeito significativo sobre a matéria verde no consórcio do milheto com guandu, crotalária e feijão de porco.

5.2.2 Matéria Seca Total

Verifica-se que houve efeito significativo das lâminas de irrigação com água residuária, na primeira colheita, na matéria seca total do milheto, com o modelo linear, ajustando-se significativamente ao nível de 5% de probabilidade. Em experimento realizado em Bom Jesus, no Piauí, Petter *et al.*, (2013) também verificaram efeito linear do déficit hídrico no solo na matéria seca da parte área de plantas de milheto, sob condições de casa de vegetação. Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação na segunda colheita. Provavelmente isso está associado à maior precipitação ocorrida no período entre a primeira e a segunda colheita, que atingiu 137 mm, frente aos 70 mm ocorridos durante todo o período antes da primeira colheita.

Com o modelo matemático ajustado para a matéria seca total, no primeiro corte, foi estimada uma produtividade máxima de 11.117 kg/ha na lâmina de irrigação máxima, correspondente a 120% da água disponível (Figura 4). Para cada aumento de

1% na água disponível, houve um incremento de 43,61 kg MST/ha nas plantas de milho. Com 40% da água disponível, a produtividade estimada foi de 7.628 kg MST/ha. Assim, o aumento de produtividade entre a menor e a maior lâmina testada foi de 45,7%. Pinho *et al.* (2013), em experimento de campo em Soledade-PB, semiárido brasileiro, com a cultivar BRS 1501, obtiveram produtividades de matéria seca da ordem de 22.350 kg MST/ha, no primeiro corte, e de 31.250 kg MST/ha, no segundo corte. Isso pode ser atribuído densidade de plantio utilizada por Pinho *et al.* (2013), que foi de 300 mil plantas por hectare, contra cerca de 67 mil plantas por hectare utilizadas neste experimento.

Jayme-Oliveira *et al.* (2017), estudando lâminas de irrigação no milho sob condições de campo, no cerrado do Brasil, verificaram sua alta resistência ao déficit hídrico, produzindo bastante fitomassa mesmo sob essa condição, apesar de ter respondido muito bem ao incremento da água disponível no solo. Além disso, Bonfim-Silva *et al.* (2011) observaram que o milho produziu mais matéria seca no maior nível de água disponível em experimento de casa de vegetação no Mato Grosso, Brasil. O milho, apesar de ser uma cultura muito tolerante à seca (GHATAK *et al.*, 2016), responde muito bem à irrigação. Com a maior presença de água no solo, as plantas de milho desenvolvem mais o sistema radicular e, conseqüentemente, exploram um maior volume de solo, o que é refletido numa maior produção de fitomassa (PETTER *et al.*, 2013).

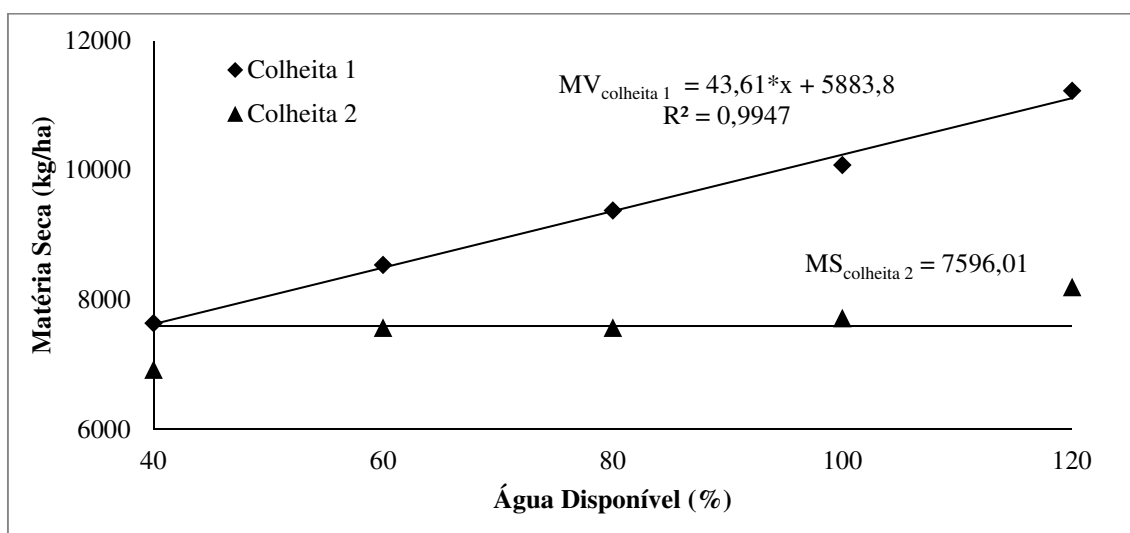


Figura 4 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na matéria seca total de plantas de milho em duas colheitas.

Rostamza *et al.* (2011), estudando déficit hídrico em milho irrigado no Irã, concluíram que a variação da redução água disponível no solo de 40% para 100% resultou numa redução progressiva na matéria seca total. Os valores obtidos por eles foram muito superiores aos obtidos neste experimento. No menor nível de água disponível, os autores citados obtiveram 11,05 t/ha e, no maior, obtiveram 21,45 t/ha. Essas maiores produtividades podem estar associadas à densidade de plantio utilizada (333.333 plantas/hectare), à variedade (híbrido Nutrifeed), às lâminas de irrigação (a menor lâmina foi de 500 mm) e ao tempo de colheita, que atingiu 165 dias. Zooleh *et al.* (2011) verificaram redução significativa da biomassa de plantas de milho com o aumento do turno de rega e, conseqüentemente, com a diminuição do nível de água no solo, em um experimento conduzido em vasos no Irã.

Além disso, já é comprovado que a água residuária proporciona ganhos significativos na matéria seca do milho. Asgharipour e Azizmoghaddam (2012) verificaram efeito significativo da aplicação de águas residuárias no aumento da produtividade de plantas de milho, comparado com água de abastecimento, sob condições de campo no sudeste do Irã. Santos Junior *et al.* (2015) também verificaram que a aplicação do efluente doméstico com adição de urina humana aumentou em 34% a fitomassa seca da parte aérea de plantas de milho BRS 1501 em comparação com água de abastecimento e adubação convencional com NPK, em um experimento conduzido em vasos no semiárido do Brasil. Já Khan *et al.* (2012) obtiveram produtividade de matéria seca de 18,3 t/ha em plantas de milho irrigadas com esgoto doméstico proveniente de lagoas de estabilização no Paquistão.

Não houve efeito significativo do consórcio com feijão lablab nem das interações com lâmina ou colheita na MST. No primeiro corte, as médias observadas foram de 9.641,76 e 9.090,69 kg MST/ha sem e com consórcio respectivamente. Já no segundo corte (colheita 2), as médias observadas foram de 7.498,81 e 7.694,21 kg MST/ha sem e com consórcio respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Médias observadas de MST milheto, em kg/ha, nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio.

	Colheita 1	Colheita 2
Sem Consórcio	9.641,76 aA	7.498,81 aA
Com Consórcio	9.090,69 aA	7.694,21 aA

Letras maiúsculas e minúsculas iguais, nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O feijão lablab foi avaliado em consórcio com a cultura do milho e também não se verificou efeito significativo desse consórcio sobre a biomassa seca da palhada (CORTEZ *et al.*, 2009). Lovadini *et al.* (1972) também já haviam obtido resultados semelhantes. Já na cultura do sorgo, o feijão lablab em consórcio chegou a diminuir a produtividade de grãos, comparado ao cultivo solteiro (NAKAGAWA *et al.*, 2009).

Algumas pesquisas, envolvendo o milheto consorciado com outras leguminosas, dão conta de que são raros os efeitos positivos sobre a biomassa seca. Rodrigues *et al.*, (2012), por exemplo, não obtiveram efeito significativo sobre a biomassa seca no consórcio do milheto com guandu, crotalária, feijão de porco. Obteve somente com a mucuna preta. Já Oliveira *et al.* (2017) verificaram efeito negativo da presença de feijão caupi em consórcio sobre a biomassa seca de milheto.

Esses efeitos negativos, provavelmente, estão associados à competição das plantas por água, nutrientes e luz solar. É possível que, no caso de uma semeadura mais tardia da planta-consórcio, obtenha-se um resultado positivo na produção de matéria seca da cultura principal, conforme relatado por Cortez *et al* (2009). No caso do feijão Lablab, não houve efeito negativo, apesar de a semeadura ter ocorrido ao mesmo tempo.

5.2.3 Área Foliar

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação nem do consórcio na área foliar do milheto. Houve efeito das colheitas, com diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste F. Na primeira colheita, a área foliar média por planta foi estimada em 544,29 cm²; já na segunda, foi de 397,03 cm² (Figura 5).

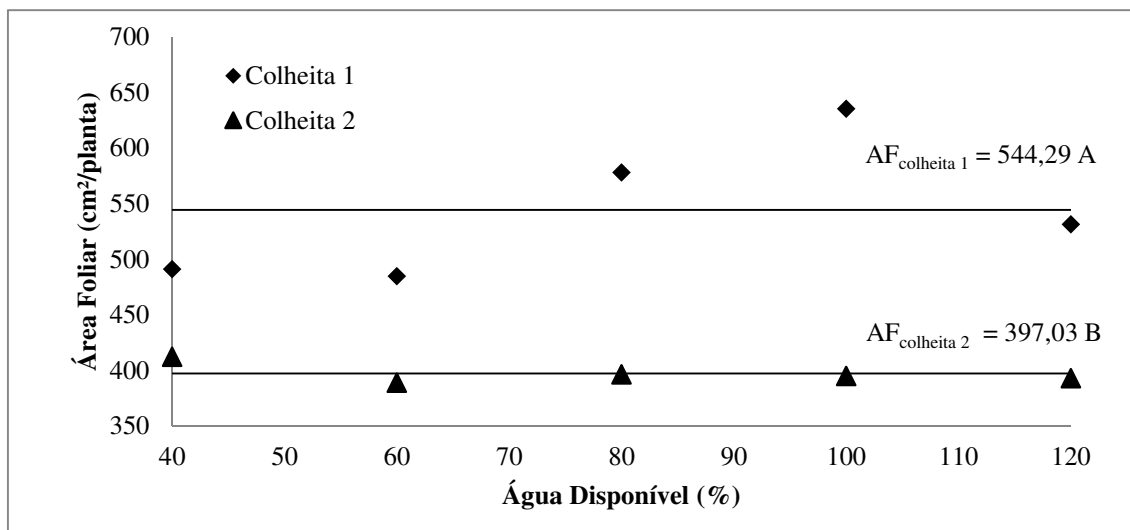


Figura 5 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária, na área foliar de plantas de milho, em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significam diferença estatística significativa pelo teste F a 5% de probabilidade.

O déficit hídrico pode provocar alterações na área foliar de plantas, devido à resposta fisiológica da inibição da expansão celular (JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017), com redução da abertura estomática das plantas (GHATAK *et al.* 2016), o que limita a absorção de CO₂ e redução da fotossíntese sob déficit hídrico severo (OSAKABE *et al.*, 2014), preservando água através da transpiração por um período maior e, até mesmo, estimulando a abscisão foliar (MICKELBART *et al.*, 2013). Mesmo no menor nível de água avaliado neste experimento, não houve alteração da área foliar em resposta aos diferentes níveis de água no solo. Em condições intermediárias de déficit hídrico, é possível que a área fotossinteticamente ativa de plantas de milho não seja afetada, apesar de haver uma redução na turgência das células (PETTER *et al.*, 2013).

Rostamza *et al.* (2011) verificaram que a área foliar de plantas de milho são altamente afetadas pelo déficit hídrico no solo. Sob adubação mineral com N nas doses de 150 e 225 kg/há, não houve alteração na área foliar mesmo sob déficit hídrico. Assim, é possível supor que, sob adequado nível nutricional, como no caso de plantas irrigadas com água residuária, a área foliar pode não ser afetada pelo déficit hídrico no solo. Já Zooleh *et al.* (2011) observaram redução significativa da área foliar de plantas de milho em função do aumento do turno de rega.

Jayme-Oliveira *et al.* (2017) observaram que o milho foi a planta que menos teve alterações na área foliar em função da água disponível no solo, comparado à

Chenopodium quinoa (quinoa) e ao *Amaranthus caudatus* (amaranto), em experimento no cerrado brasileiro. A diferença foi de 22% entre o maior (647 mm) e o menor (217 mm) nível de água avaliado, contra 157% e 65% do amaranto e da quinoa respectivamente.

Já Khan *et al.* (2012) verificaram que a área foliar de plantas de milho submetidas à irrigação com água residuária atingiu 229 cm², no Paquistão, 60 dias após o plantio. Apesar de este valor ter sido inferior ao obtido no nosso experimento, foi significativamente superior ao valor de 208 cm² obtidos por eles ao utilizarem água de fontes convencionais. Isso está diretamente relacionado à maior disponibilidade de nutrientes da água residuária, o que afeta positivamente o aumento das células e, conseqüentemente, o crescimento das plantas de milho (ASGHARIPOUR e AZIZMOGHADDAM, 2012).

A menor área foliar, na segunda colheita, pode estar associada à própria resposta fenológica da cultura ao corte, que refletiu em um menor crescimento (TRINDADE *et al.*, 2017).

5.2.4 Altura de Planta

Houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a altura de planta na primeira colheita. O desdobramento da interação para os fatores lâmina x colheita está apresentado no gráfico da Figura 6. Na primeira colheita, houve uma resposta quadrática ($p < 0,05$) dos efeitos da lâmina sobre a altura de plantas. No entanto, Petter *et al.* (2013), trabalhando em casa de vegetação, obtiveram decréscimo linear da altura de plantas de milho sob déficit hídrico.

Na primeira colheita, a altura máxima estimada pela equação de regressão foi de 2,15 m no nível de água disponível estimado de 83%. Já na segunda colheita, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a altura das plantas. A menor altura, na lâmina correspondente a 40% da água disponível, foi estimada em 2,01 m (diferença de apenas 7% para a altura máxima).

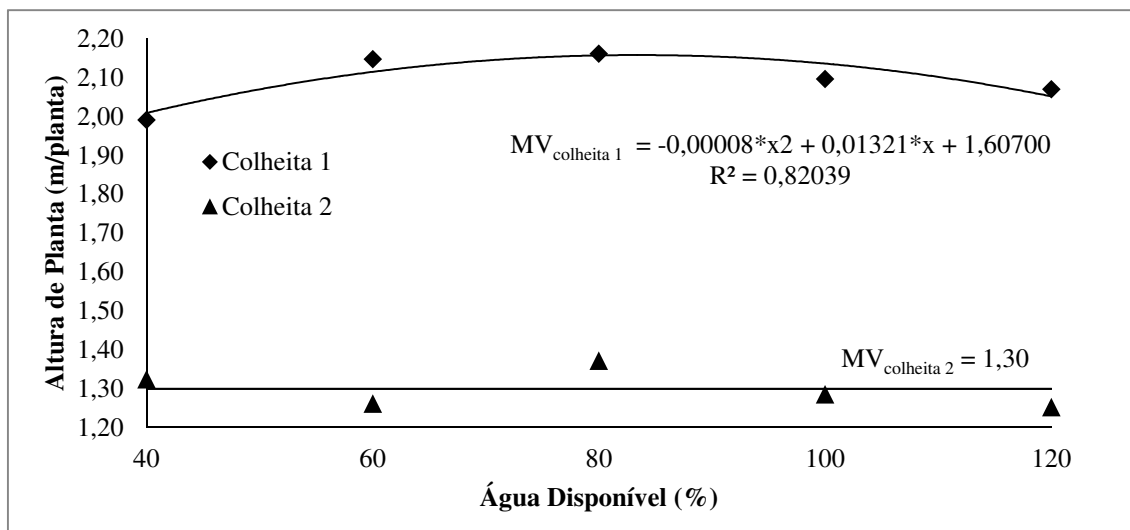


Figura 6 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária na altura de plantas de milho em duas colheitas.

Jayme-Oliveira *et al.* (2017) obtiveram diferença de 11% na altura de plantas de milho BRS 1501 cultivadas entre o menor e o maior regime hídrico, que se assemelha ao obtido neste experimento. O valor médio de altura obtido por eles foi em torno de 1,70 m, abaixo do aqui obtido. Já Barreto *et al.* (2001) obtiveram diferenças de cerca de 29% na altura de plantas de milho submetidas a déficit hídrico, em casa de vegetação, aos 36 dias. Entretanto, Bonfim-Silva *et al.* (2011) verificaram que plantas de milho tiveram a mesma altura sob disponibilidade hídrica de 30 e 60% da capacidade de campo, comprovando a tolerância dessa cultura ao déficit hídrico.

O potencial de altura do milho BRS 1501 é de cerca de 1,80 m (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003) e foi superado em todos os níveis de água aplicados avaliados. Isso pode estar associado aos benefícios da água residuária no cultivo do milho. Alkhamisi *et al.* (2016), em Oman, e Khan *et al.* (2012), no Paquistão, Asgharipour e Azizmoghaddam (2012), no Irã, observaram que alturas de plantas de milho irrigadas com água residuária tratada foram significativamente superiores às obtidas nas irrigadas com água de fontes tradicionais.

Não houve efeito significativo do consórcio com feijão Lablab nem das interações e desdobramentos com lâmina na altura de planta. Houve efeito da colheita. Na primeira colheita, as médias observadas foram de 2,08 e 2,11 m sem e com consórcio respectivamente. Já na segunda, as médias observadas foram de 1,30 e 1,30 m sem e com consórcio respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias observadas de altura de planta milheto, em m, nas duas colheitas, em função da presença e ausência do feijão lablab como planta em consórcio.

	Colheita 1	Colheita 2
Sem Consórcio	2,08 aA	1,30 aB
Com Consórcio	2,11 aA	1,30 aB
Média	2,09 A	1,30 B

Letras maiúsculas e minúsculas iguais, nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O consórcio do feijão Lablab, na altura de plantas de milho, também não foi significativo, em experimento realizado por Cortez *et al.* (2009), em condições de campo em Jaboticabal, São Paulo.

Dentre os componentes morfológicos, a altura de plantas não tem, geralmente, correlação com a produtividade (CORTEZ *et al.*, 2009), mas é a medida mais fácil de avaliar a competição em plantas (SKORA NETO, 2003). Portanto, o consórcio não afetou o crescimento de plantas de milheto neste experimento.

5.2.5 Diâmetro Caulinar

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação nem do consórcio no diâmetro caulinar do milheto. Houve efeito das colheitas, com diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F. Na primeira colheita, o diâmetro caulinar médio foi de 11,22 mm; já, na segunda, o diâmetro caulinar médio foi de 9,31 mm (Figura 7).

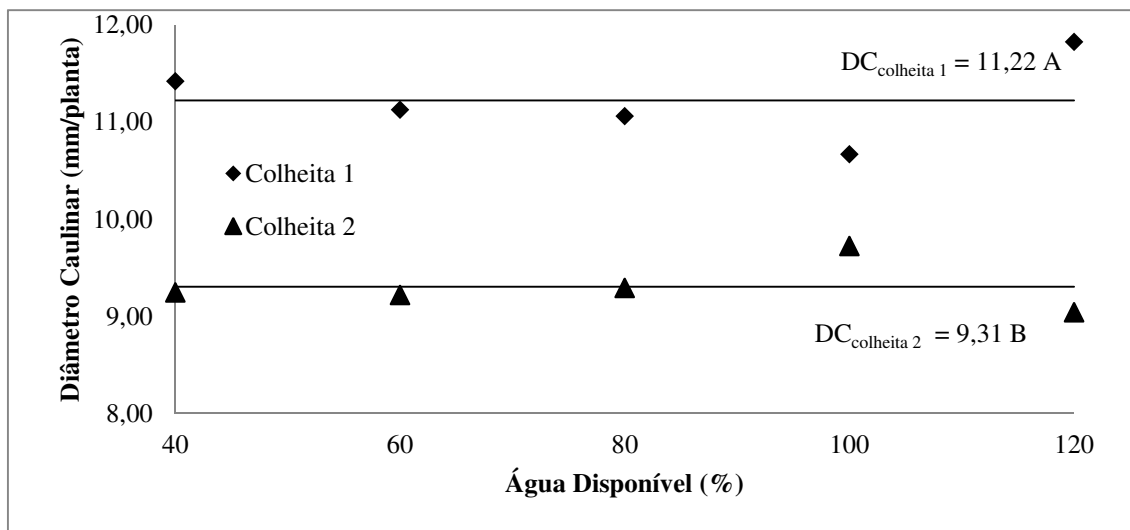


Figura 7 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no diâmetro caulinar de plantas de milho, em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significam diferença estatística significativa pelo teste F a 5% de probabilidade.

Petter *et al.* (2013) observaram que o diâmetro caulinar do milho, cv ADR 7010, diminuiu linearmente com o aumento do déficit hídrico no solo. A redução entre o maior e o menor nível de água no solo foi de 54%, divergindo do obtido nesta pesquisa.

No entanto, Jayme-Oliveira *et al.* (2017), trabalhando com o milho BRS 1501 no cerrado brasileiro, verificaram que o déficit hídrico não provocou nenhuma mudança no diâmetro caulinar, indicando que esse parâmetro é pouco afetado pelo déficit hídrico nessa cultivar.

O maior diâmetro caulinar, na primeira colheita, está atribuído ao maior vigor e expressão genética das plantas de milho nessa fase. No segundo corte, houve redução do diâmetro. Coimbra e Nakagawa (2006) observaram que plantas de milho reduzem a produção com o aumento da frequência de cortes. Entretanto, Pinho *et al.* (2003), avaliando o milho BRS 1501 em Soledade, Paraíba, constataram que, no segundo corte (5,9 mm), as plantas tiveram um diâmetro caulinar maior que no primeiro (3,6 mm), apesar de não diferirem estatisticamente. Esse menor diâmetro obtido por Pinho *et al.* (2003), no primeiro corte, foi atribuído a problemas de alagamento na área experimental. Em ambos os cortes, os diâmetros foram inferiores aos obtidos nesta pesquisa.

Os diâmetros expressivos obtidos nesses experimentos, acima dos presentes na literatura, podem também ser relacionados aos efeitos das águas residuárias. Asgharipour e Azizmoghaddam (2012), em estudo realizado no Irã, observaram diâmetros de plantas de milho irrigadas com esgoto doméstico tratado significativamente superiores ao das irrigadas com água doce.

O consórcio do feijão Lablab, no diâmetro caulinar de plantas de milho, também não foi significativo em experimento realizado por Cortez *et al.* (2009), em condições de campo em Jaboticabal, São Paulo.

5.2.6 Índice SPAD

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação com água residuária nem do consórcio com feijão lablab sobre o índice SPAD das plantas de milho. Houve efeito das colheitas, com diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste F. Na primeira colheita, o índice SPAD médio foi de 60,67; já, na segunda, o índice SPAD médio foi de 49,18 (Figura 8).

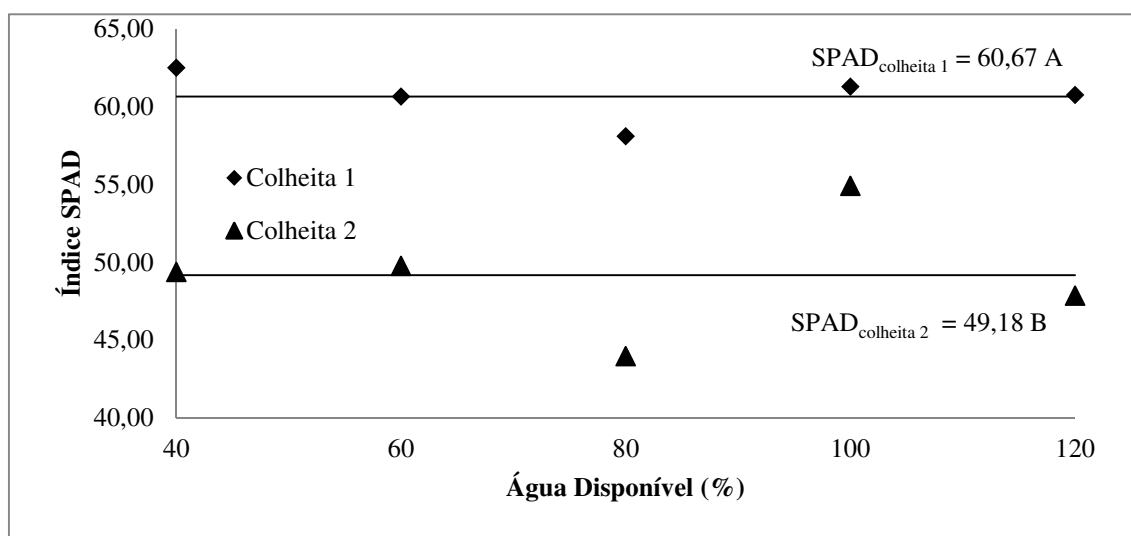


Figura 8 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no índice SPAD de plantas de milho em duas colheitas. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significam diferença estatística significativa pelo teste F a 5% de probabilidade.

O medidor portátil SPAD-502 avalia a intensidade do verde da folha de maneira instantânea e não destrutiva e, por sua vez está diretamente relacionado ao teor de clorofila e ao estado de N da planta (Al-KHAMISI *et al.*, 2016).

Bonfim-Silva *et al.* (2011) observaram que o valor de SPAD, em plantas de milho, foi maior na disponibilidade hídrica de 60% da capacidade de campo, comparado à disponibilidade de 30% da capacidade de campo. Nesse caso, os autores associaram ao metabolismo de N, cuja absorção foi diminuída pela menor disponibilidade hídrica. Por outro lado, ROSTAMZA *et al.* (2011), em experimento com irrigação com diferentes níveis de água no solo, verificaram que não houve nenhum efeito significativo sobre o índice SPAD.

Como a água residuária é rica em nitrito (Tabela 2), é possível que a nutrição do milho tenha sido adequada, conforme já observado por Khan *et al.* (2012). Foi observado que a nutrição do milho irrigado com água residuária foi significativamente superior ao controle irrigado com água doce. Essa hipótese corrobora Selim (2008), que demonstrou que ao milho irrigado com esgoto doméstico tratado proveu NPK suficiente em comparação com o uso de fertilizante químico.

Os menores índices SPAD, na segunda colheita, podem estar associados à menor absorção de nutrientes na rebrota, em virtude da perda do vigor genético do milho, conforme observado por Trindade *et al.* (2017). Nesse caso, a diminuição na absorção de N acaba fazendo com que haja menor crescimento da planta e menor atividade fotossintética, diminuindo o índice SPAD (ROSTAMZA *et al.*, 2011).

5.2.7 Uso Eficiente de Água

Houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o uso eficiente de água (UEA) na segunda colheita, com o modelo linear, ajustando-se significativamente ao nível de 1% de probabilidade. Não houve efeito das lâminas na primeira colheita ao nível de até 5% de probabilidade (Figura 9).

Como, na segunda colheita, não houve efeito significativo das lâminas sobre a produção de matéria seca (MS) (Figura 3), ou seja, foram estatisticamente similares, e o UEA é calculado pela relação entre a MS e a lâmina total aplicada (ROSTAMZA *et al.*, 2011), o efeito observado, nessa colheita, era esperado, uma vez que as lâminas testadas eram crescentes. Na primeira colheita, houve efeito linear das lâminas na MS crescente (Figura 3) e, assim, ao calcular-se o UEA, não se verificou efeito significativo.

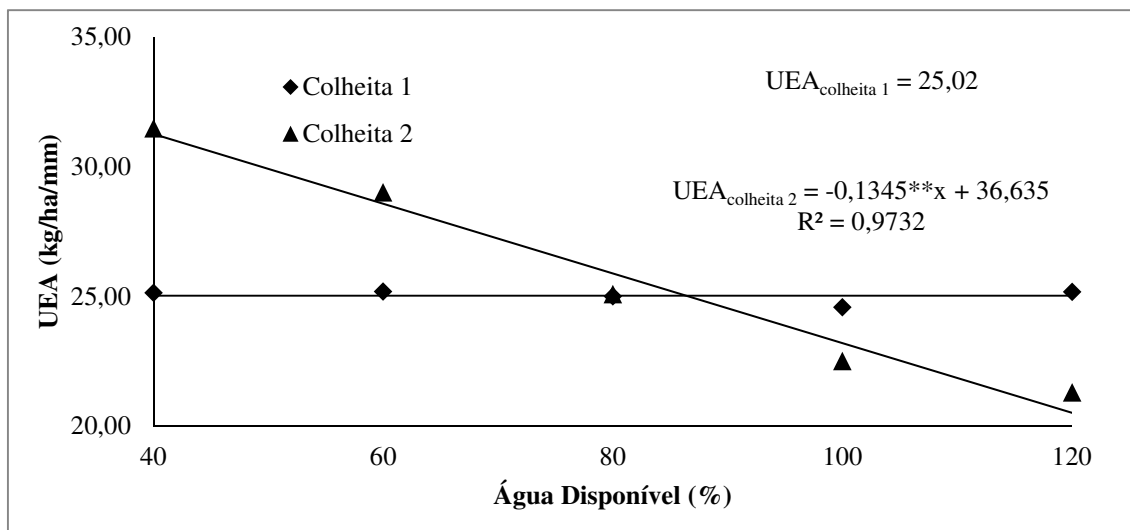


Figura 9 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no Índice de Uso Eficiente de Água de plantas de milho em duas colheitas.

Não houve efeito significativo do consórcio nem das interações e desdobramentos. Grema e Hess (1994) também não observaram efeito significativo do UEA do milho consorciado com feijão caupi em estudo realizado na Nigéria.

Na segunda colheita, estimou-se um UEA máximo de 31,26 kg MS/ha/mm na lâmina de irrigação correspondente a 40% da água disponível. Já na lâmina correspondente a 120% da água disponível, o UEA foi estimado em 20,50 kg MS/ha/mm, ou seja, uma redução de 34% em relação ao UEA máximo. Nielsen e Virgil (2017) observaram UEA médio de plantas de milho da ordem de 32,57 kg/ha/mm em experimento conduzido entre 1996 e 2016, no Colorado, Estados Unidos. Esses valores se aproximam muito do valor de UEA estimado para a lâmina de 40%, mas é superior ao valor médio obtido na primeira colheita, que foi de 25,02 kg/ha/mm (Figura 8).

Rostanza *et al.* (2011) constataram que, com o aumento do déficit hídrico do solo, houve aumento significativo na UEA de plantas de milho. Esses resultados também corroboram os obtidos pelos estudos de Zegada-Lizarazu e Iijima (2005), Nagaz *et al.* (2009), Zooleh *et al.* (2011). O aumento, na eficiência do uso da água, pode estar associado ao decréscimo da transpiração das plantas na condição de déficit hídrico (Karam *et al.*, 2003). Em contraste, Bruck *et al.* (2000) não reportaram nenhum efeito do déficit hídrico sobre o UEA e Seghatoleslami *et al.* (2008) verificaram redução do UEA com o aumento do déficit hídrico. Assim, pode-se supor que os efeitos do déficit

hídrico sobre o UEA dependem do genótipo, espécie e estágio fenológico em que a planta se encontra.

Santos Junior *et al.* (2015) constataram que plantas de milho BRS 1501 cultivadas em um Planossolo e irrigadas com água residuária adicionada de urina humana apresentaram uma eficiência de uso de água duas vezes superior às plantas irrigadas com água de abastecimento e adubadas com NPK.

5.3 Variáveis do Solo

5.3.1 pH

A análise de variância foi realizada para a concentração de H^+ , com posterior transformação para pH para apresentação neste tópico. Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação nem do consórcio sobre o pH do solo ($p > 0,05$). Houve efeito significativo pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, da época de amostragem sobre o pH. Apesar de o pH do solo ter sido estatisticamente semelhante entre a primeira (antes da aplicação dos tratamentos – 6,73) e a segunda coleta (após aplicação do primeiro ciclo de irrigação com água residuária – 7,71), houve incremento significativo neste parâmetro na terceira coleta, atingindo 8,22 (Figura 10).

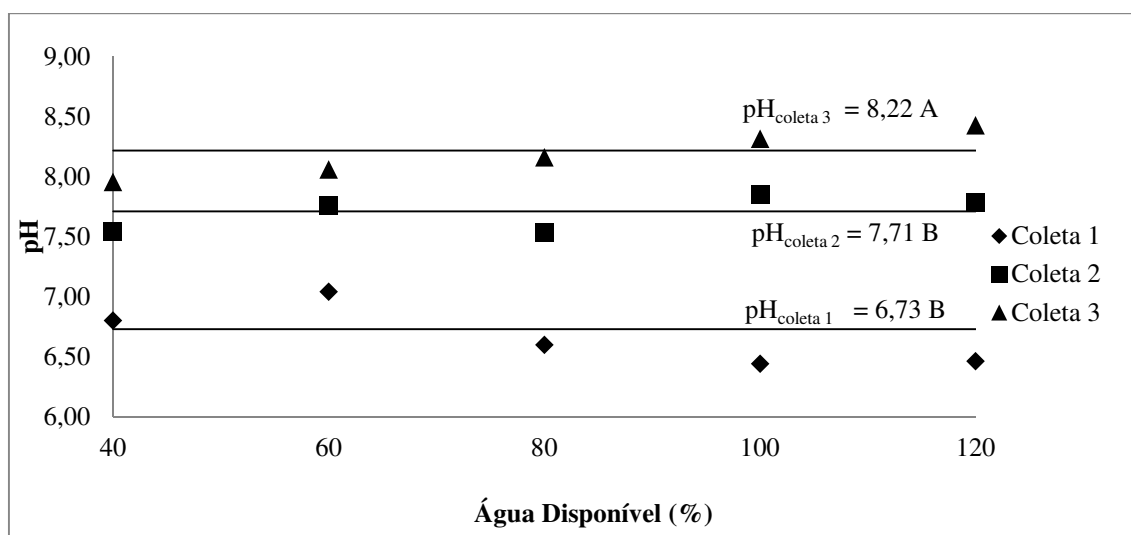


Figura 10 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no pH do solo cultivado com milho, em três épocas de amostragem. Letras maiúsculas diferentes, ao lado da média, significam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Usualmente a irrigação com esgoto doméstico tratado não altera o pH do solo, por causa de seu poder tampão (AZEVEDO *et al.*, 2015), sobretudo, após aplicações por pouco tempo (SILVA *et al.*, 2016; BARRETO *et al.*, 2013; VARALLO *et al.*, 2010), e é o que ocorreu ao final da primeira colheita.

Entretanto, à medida que se intensifica o aporte de água residuária através da irrigação, é possível uma elevação do pH pelo aumento na concentração de cátions básicos de Na, Ca e Mg (SHILPI *et al.*, 2018). O aumento do pH do solo pode ser associado também à (i) alcalinidade da água residuária (Tabela 2); (ii) ao aumento da desnitrificação, que consome um mol de H⁺ para cada mol de NO⁻³ desnitrificado; (iv) à quelação do Al⁺³ pela matéria orgânica do solo (FONSECA *et al.*, 2005; FONSECA *et al.*, 2007; SILVA e MENDONÇA, 2007).

Apesar disso, pequenos incrementos no pH do solo, como os relatados nesta pesquisa, não afetam diretamente as culturas, conforme já reportado por Leal *et al.* (2009) e Wang *et al.* (2007).

Leal *et al.* (2009) observaram incremento no pH do solo cultivado com cana de açúcar após irrigação com esgoto doméstico. Oliveira *et al.* (2016), trabalhando com irrigação com água residuária em solo do semiárido brasileiro, cultivando *Cucurbita máxima*, também reportaram incrementos. Shilpi *et al.* (2018), trabalhando na Austrália, aplicando esgoto sanitário no solo cultivado com milho, constataram o mesmo.

Por outro lado, inconsistências do efeito da irrigação com água residuária no pH do solo foram reportadas anteriormente. Por exemplo, Rattan *et al.* (2005) e Wang *et al.* (2007) constataram diminuição no pH do solo com a irrigação com esgoto doméstico e associaram à maior oxidação de compostos orgânicos e à nitrificação da amônia.

5.3.2 Fósforo Disponível

Não houve efeito significativo ($p < 0,05$) das lâminas de irrigação sobre os teores de fósforo (P) do solo. Entretanto, houve efeito do consórcio e da coleta (amostragem) sobre o P. De maneira geral, houve redução do fósforo na coleta 3, sobretudo na parcela com feijão lablab em consórcio com o milheto. Nessa coleta, na parcela com consórcio, o teor médio de fósforo no solo foi significativamente reduzido a 81,76 mg/dm³, sendo 23% menor que o teor de fósforo inicial. Já na parcela sem consórcio, a redução foi de apenas 5,7% e não foi significativa (Tabela 8).

Tabela 8 – Teor de fósforo disponível (mg/dm³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Média
Sem Consórcio	116,65 aA	119,79 aA	109,98 aA	115,47 a
Com Consórcio	106,28 aA	105,43 aA	81,76 bB	97,83 b
Média	111,46 A	112,61 A	95,87 B	

Letras maiúsculas e minúsculas iguais, nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Zema *et al.* (2012), avaliando a irrigação com água residuária por dois anos, constataram redução do P do solo com altos teores iniciais (antes do experimento). Entretanto, Barreto *et al.* (2013), após aplicação de 1000 mm esgoto doméstico em um Neossolo Flúvico com baixo teor inicial de fósforo (5,2 mg/dm³), e Azevedo *et al.* (2015), trabalhando com algodão irrigado em um solo de textura média, com 4,79 mg/dm³, verificaram aumento no P do solo. Já Shilpi *et al.* (2018) não observaram alteração no teor de fósforo de solo irrigado com esgoto doméstico e cultivado com milho.

Silva *et al.* (2016) reportaram que os teores de fósforo do solo não foram afetados em um experimento de curta duração. Em experimentos de maior duração, os teores de P tendem a ser maiores nas camadas mais profundas, notadamente naqueles com textura arenosa (RUSAN *et al.*, 2007; BAME *et al.*, 2014), como o utilizado neste experimento.

O P adicionado no solo pela aplicação de esgoto doméstico é essencialmente encontrado na forma de ortofosfato (P inorgânico) e fosfatos orgânicos (P Orgânico), que só são disponíveis às plantas após a conversão às formas inorgânicas assimiláveis (HAVLIN *et al.*, 2013). Entretanto, esse processo é lento o que leva a longos períodos de sua residência no solo, pois o P tem alta tendência a formar complexos de média e alta energia de ligação com a fase sólida do solo, originando compostos de baixa solubilidade que podem resultar em pouca disponibilidade às plantas e, conseqüentemente, acúmulo no solo (SILVA *et al.* 2016). Logo, como neste experimento avaliou-se a fração correspondente ao P disponível na camada inicial do solo (0-20 cm), é possível que o teor de P total tenha tido incremento.

O incremento do pH do solo pode ter contribuído para uma maior remoção do P disponível (HERPIN *et al.* 2007), promovendo um aumento na solução do solo e, conseqüentemente, maior absorção pelas plantas. Isso está de acordo com o observado na Tabela 5, pois, na coleta 3, verificou-se uma redução significativa do teor de P nas parcelas que foram cultivadas com milho e lablab. É possível que tenha havido uma maior absorção de P nas parcelas em que haviam as duas culturas. Matos *et al.* (2005), avaliando plantas forrageiras, constataram que o milho foi a cultura que mais removeu fósforo em solo irrigado com água residuária, sendo maior, inclusive, no segundo corte.

5.3.4 Sódio

Verificou-se efeito linear das lâminas de irrigação com água residuária no sódio disponível no solo cultivado sob consórcio (Figura 11). O incremento estimado foi de 1 mg/dm³ de Na⁺ para cada 1% de incremento na água disponível. Santos *et al.* (2017) também observaram aumento linear do sódio no solo em função da aplicação de diferentes níveis de água residuária.

Esse efeito significativo, nas parcelas sob consórcio, pode estar associado a uma menor disponibilidade de água para lixiviação desses íons nessas parcelas, uma vez que o cultivo em consórcio do milho com leguminosas pode levar a um maior consumo hídrico (NELSON *et al.*, 2018), deixando menos água disponível para mover o Na⁺ para as camadas mais profundas do solo (BARRETO *et al.*, 2013), mesmo nas maiores lâminas aplicadas.

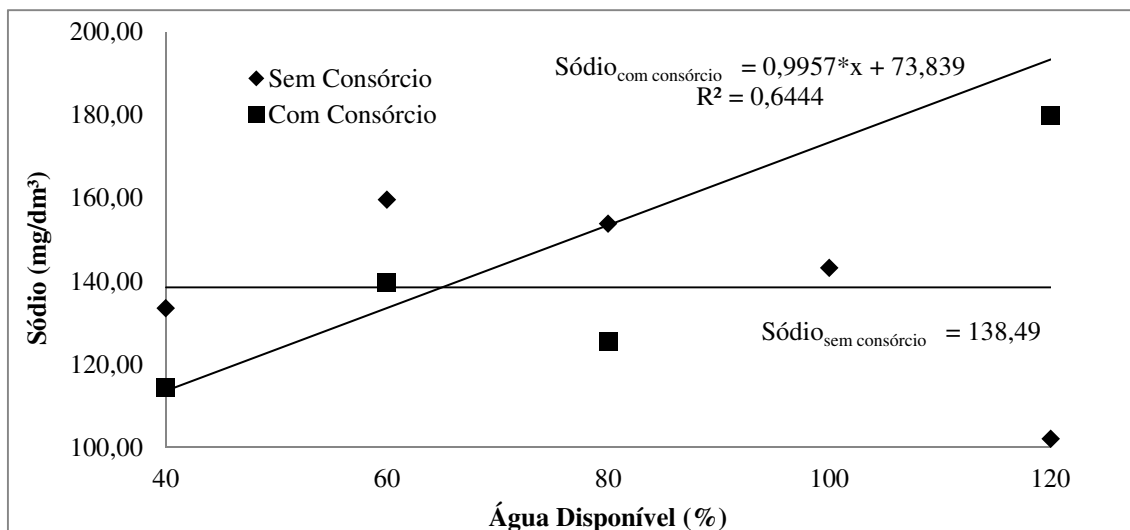


Figura 11 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no teor de sódio disponível (mg/dm³) do solo cultivado com milho sob consórcio.

O maior teor de sódio foi verificado na segunda coleta (Tabela 9). O aumento foi de 213% em relação ao inicial. Incrementos na concentração de Na⁺, após irrigação com águas residuárias em solos agrícolas, são relatados em estudos de curtas e longas durações (FONSECA *et al.*, 2005; LEAL *et al.*, 2009; ; SILVA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017) e sua magnitude depende de alguns fatores: (i) da taxa de aplicação e do teor de Na⁺ nos efluentes (RUSAN *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2016); (ii) da textura do solo; (iii) da capacidade da cultura em remover esse íon (SANDRI *et al.*, 2009).

Tabela 9 – Médias dos teores de sódio disponível (mg/dm³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.

Coleta 1	70,17 c
Coleta 2	219,78 a
Coleta 3	148,03 b

Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica da água residuária usada neste experimento foi alta (2,07 dS m⁻¹; Tabela 3) comparado com outros trabalhos realizados na região semiárida do Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2016 – 1,55 dS m⁻¹; BARRETO *et al.*, 2013 – 1,58 dS m⁻¹; AZEVEDO *et al.*, 2015 – 1,40 dS m⁻¹). Essa diferença se dá em função do tipo de água

consumida na cidade de Frei Martinho-PB, que apresenta alta condutividade elétrica ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$) e do sistema de tratamento de esgoto (lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa), que não remove esses sais. A presença do Na^+ , nesse esgoto tratado, acaba promovendo um acúmulo desse elemento no solo irrigado.

Na terceira coleta, a redução no teor de sódio do solo provavelmente está associada à maior precipitação ocorrida no período e, conseqüentemente, lixiviação do sódio acumulado anteriormente. Azevedo *et al.* (2015) também verificaram redução no teor de sódio de do solo que havia recebido água residuária de irrigação, após precipitação de 89 mm. Entretanto, o teor de sódio ao final do experimento (coleta 3) foi significativamente superior ao encontrado antes da irrigação com água residuária (coleta 1). Isso sugere que a irrigação com esgotos domésticos deve ser intercalada com a aplicação de uma lâmina de água de condutividade elétrica inferior a da água de irrigação para promover uma lixiviação adequada dos sais.

5.3.5 Potássio

Houve efeito das lâminas de irrigação sobre o potássio disponível do solo, com diferença significativa para a interação com o consórcio. O teor máximo estimado foi de $146,28 \text{ mg/dm}^3$, na lâmina correspondente a 77,93% da água disponível sem consórcio. Já na presença do consórcio, o K^+ máximo de foi de $143,66 \text{ mg/dm}^3$, na lâmina correspondente a 90,62%, conforme verifica-se na Figura 12.

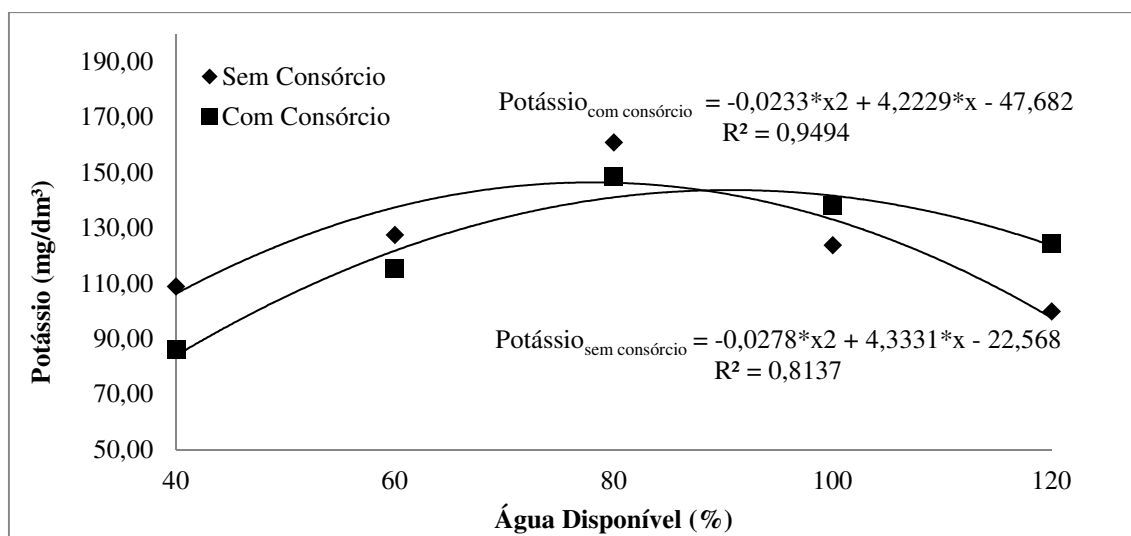


Figura 12 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no teor de potássio disponível (mg/dm^3) do solo cultivado com milho sob consórcio.

Na Tabela 10, verifica-se que houve redução significativa no teor de potássio do solo em função da época de coleta da amostra pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os teores de potássio, na segunda e terceira coleta, foram significativamente inferiores aos teores de potássio inicial (coleta 1).

Tabela 10 – Médias dos teores de potássio disponível (mg/dm³) no solo irrigado com água residuária e cultivado com milho sob consórcio com feijão lablab em três amostragens.

Coleta 1	153,61 a
Coleta 2	119,14 b
Coleta 3	97,19 b

Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução no teor de potássio do solo pode ser atribuída à maior mobilidade deste íon no solo, sendo essa mobilidade favorecida pela água de irrigação e pela precipitação natural ocorrida durante o experimento. Resultados similares foram obtidos por Sandri *et al.* (2009). Varallo *et al.* (2010) também observaram redução nos teores de potássio do solo após aplicação de água residuária.

Oliveira *et al.* (2016) não observaram alterações no potássio do solo, mas há relatos, em estudo anterior, que evidenciam que pode ocorrer lixiviação do K⁺ do solo para camadas mais profundas devido ao excesso de Na⁺ na água residuária, o que acaba incrementando o teor de Na⁺ no solo (Tabela 8), com o Na⁺ substituindo o K⁺ no complexo de troca (GLOAGUEN *et al.*, 2007). Apesar disso, outros autores observaram resultados contrários, como aumento do teor de K⁺ no solo após aplicação de água residuária (AZEVEDO *et al.*, 2015; BARRETO *et al.*, 2013; SHILPI *et al.*, 2018) e atribuem ao conteúdo de K⁺ na água residuária aplicada. Neste experimento, entretanto, pode ter havido lixiviação do K⁺ em função das chuvas ocorridas (Tabela 3), além da própria absorção pelas plantas cultivadas, uma vez que o potássio é um elemento bastante requerido pelo milho, chegando a atingir acima de 20 g/kg na parte aérea dessas plantas (MATOS *et al.*, 2005).

5.3.6 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total (COT) é utilizado para se estimar a matéria orgânica do solo (MOS), uma vez que o teor de C na MOS é de cerca de 58% (RHEINHEIMER *et al.*, 2008). Assim, multiplicando-se o valor de COT por 1,724 (100/58), obtém-se a MOS do solo.

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação nem do consórcio sobre o COT do solo ($p > 0,05$). Também não houve efeito significativo da época de coleta pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O teor de COT médio obtido foi de 7,31, 7,10, 6,76 g/kg, respectivamente, na coleta 1, 2 e 3 (Figura 13).

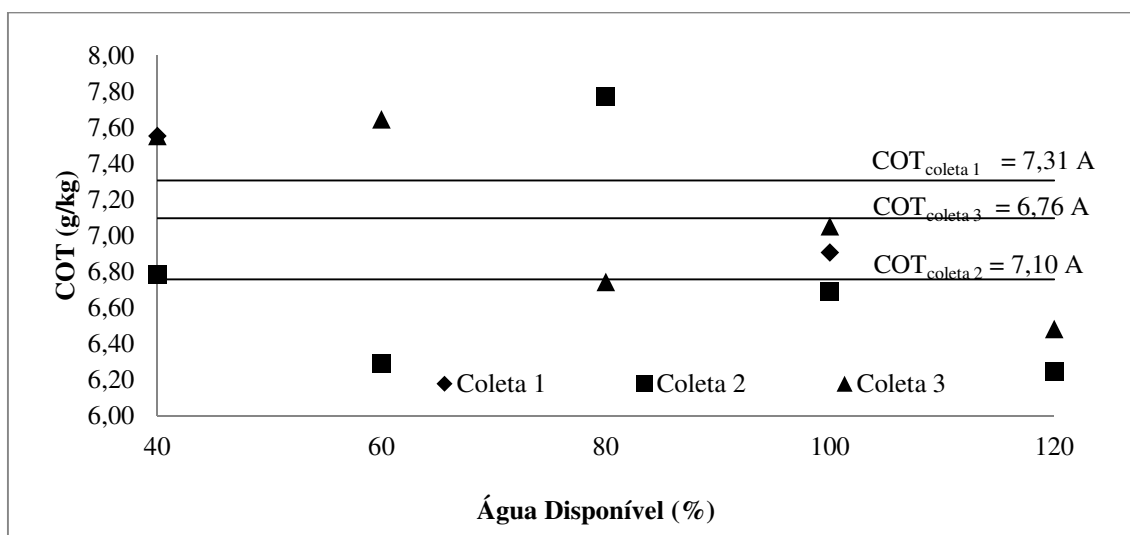


Figura 13 - Efeito das lâminas de irrigação com água residuária no COT do solo cultivado com milho, em três épocas de amostragem. Letras maiúsculas iguais, ao lado da média, significam que não há diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A matéria orgânica do solo não foi alterada significativamente pela aplicação de água residuária. Esses resultados se assemelham aos obtidos por Leal *et al.* (2009), que associaram a ausência de efeito significativo da aplicação da água residuária no solo à pequena duração do experimento.

6. CONCLUSÕES

A irrigação com água residuária influenciou a produção de biomassa verde e seca do milho na primeira colheita. Na segunda, não houve efeito da irrigação na biomassa. O maior crescimento e atividade fotossintética do milho também foram observados na primeira colheita.

As produtividades máximas de biomassa do milho (55.087 kg MV/ha e 11.117 kg MS/ha) foram obtidas na maior lâmina de água residuária aplicada via irrigação, correspondente a 120% da água disponível na primeira colheita.

O consórcio com feijão lablab não afetou o crescimento e a produção do milho irrigado com esgoto doméstico tratado.

A maior eficiência do uso da água foi de 31,26 kg MS/ha/mm e ocorreu na menor lâmina de água aplicada na segunda colheita. Na primeira, a eficiência de uso de água foi de 20,50 kg MS/ha/mm.

A irrigação com água residuária promoveu alterações significativas nos atributos químicos do solo. Os teores de potássio e de fósforo diminuíram. A presença do lablab em consórcio diminuiu, ainda mais, o teor de fósforo. O sódio e o pH aumentaram. Não houve alteração no teor de carbono orgânico.

Recomenda-se o cultivo do milho solteiro e em apenas um ciclo de cultivo, sob irrigação com água residuária numa lâmina de 376 mm.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Dados Sobre Precipitação**. 2018. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acessado em 16-02-2018.

AGHTAPE, A. A.; GHANBARI, A.; SIROUSMEHR, A.; SIAHSAR, B.; ASGHARIPOUR, M.; TAVSSOLI, A. Effect of irrigation with wastewater and foliar fertilizer application on some forage characteristics of foxtail millet (*Setaria itálica*). **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v. 33, n.3, p.34-42, 2011.

AL-KHAMISI, S. **Treated Wastewater Irrigation in Crop Production in Oman** (Highlights and Lessons Learned. 2014. Disponível e https://www.researchgate.net/publication/259884631_Treated_Wastewater_Irrigation_in_Crop_Production_in_Oman_Highlights_and_Lessons_Learned. Acessado em 08/Julho/2018.

AL-KHAMISI, S. A.; AL-JABRI, N. M.; NADAF, S. K.; AL-HARTHY, A. S. Response of Selected Forage Pearl Millet Genotypes Treated Wastewater and Fresh Water Irrigation Productivity. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 5.. p. 2319-2433, 2016.

AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p. 611-617, 2008.

ANDRADE, C. A. O.; BORHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.;CAMARGO, F. P.; AVANZI, J. C.; SIMON, J.; SILVA, R. R.; FIDELIS, R. R. Straw production and agronomic performance of soybean intercropped with forage species in no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 861-868, 2017.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**, 20.ed. Washington: American Public Health Association, 1999. 1325p.

ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted municipal sewage effluente with micronutriente foliar spraus on the growth and nutriente

concentration of foxtail millet in southeast Iran. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.19, n. 4, p. 441-449, 2012.

AZEVEDO, C. A. V.; PORDEUS, R. V.; ALBUQUERQUE, W. W.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A.; AZEVEDO, M. R. Q. A. Chemical properties of a soil cultivated with color cotton irrigated with wastewater in the Brazilian semi-arid. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 1499-1507, 2015

AZIZ, F.; FARISSI, M. Reuse of treated wastewater in agriculture: solving water deficit problems in arid areas (Review). **Annals of West University of Timisoara, ser. Biology**, v.17, n.2, p.95-110, 2014.

BAE, J.; DALL'ERBA, S. Crop Production, Export of Virtual Water and Water-saving Strategies in Arizona. **Ecological Economics**, v. 146, p.148-156, 2018.

BAME, I. B.; HUGHES, J. C.; TITSHALL, L. W.; BUCKLEY, C. A. The effect of irrigation with anaerobic baffled reactor effluent on nutrient availability, soil properties and maize growth. **Agricultural Water Management**, v.134, p.50-59, 2014.

BARRETO, G. P.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX, J. C. B.; Avaliação de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Submetidos a Estresse. 2. Valor Nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.7-11, 2001.

BARRETO, A. N.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; MEDEIROS, E. P.; NOBREGA, J. A.; BEZERRA, J. R. C. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.480-486, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 180-186, 2011.

BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO. 1999. Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados. 1999. p. 31-65.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução Nº 54, de 28 de Novembro de 2005 - **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a**

prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução Nº 121, de 16 de Dezembro de 2010 - **Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005.** Brasília, 2010.

BROOKER, R.W.; JONES, H.G.; PATERSON, E.; WATSON, C.; BROOKER, R.W.; BENNETT, A.E.; CONG, W.; DANIELL, T.J.; GEORGE, T.S.; HALLETT, P.D.; HAWES, C.; IANNETTA, P.P.M.; JONES, H.G.; KARLEY, A.J.; LI, L.; MCKENZIE, B.M. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. **New Phytologist**. v. 205, p.107-117, 2015.

BRUCK, H., PAYNE, W.A., SATTELMACHER, B. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpirational water-use efficiency, and carbon isotope discrimination of pearl millet. **Crop Science**, v. 40, p.120–125, 2000.

BRUNKEN, J. N. “A Systematic Study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae).” **American Journal of Botany**, vol. 64, no. 2, pp. 161–176, 1977.

COIMBRA, R. A.; NAKAGAWA, J. Época de semeadura, regimes de corte, produção e qualidade de sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p.21-28, 2006.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Sistemas de adubação e consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.277-287, 2009.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J. Persistência e liberação de elementos da fitomassa do consórcio crotalária com milheto sob fragmentação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 197-208, 2014.

DANTAS, C.C.O. e NEGRÃO, F.M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, Londrina, V. 4, n. 37, Ed. 142, Art. 958, 2010.

DIAKHATÉ, S.; GUEYE, M.; CHEVALLIER, T.; DIALLO, N. H.; ASSIGBETSE, K.; ABADIE, J.; DIOUF, M.; MASSE, D.; SEMBÈNE, M.; NDOUR, Y. B.; CHAPUIS-LARDY, J. Soil microbial functional capacity and diversity in a millet-shrub

intercropping system of semi-arid Senegal. **Journal of Arid Environments**, v.129, p.71-79, 2016.

DIAZ-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L. F.; PACHECO, S.; RODRIGUES, J. A. S.; CARVALHO, C. W. P. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food Research International**, v.109, p.175-186, 2018.

DIOGO, R. V. C.; BUERKERT, A.; SCHLECHT, E. Horizontal nutrient fluxes and production efficiencies in urban and peri-urban crop and livestock husbandry of Niamey, Niger. **Nutrient Cycling Agroecosystem**, v. 87, p.81-102, 2010.

DIOUF, O.; BROU, Y. C.; DIOUF, M.; SARR, B.; EYLETTERS, H. M.; ROY-MACAULEY, H.; DELHAYE, J. P.; Response of Pearl Millet to nitrogen as affected by water deficit. **Agronomie**, v.24, p.77-84, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1.039-1.042, 2011.

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron, and heavy metals availability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.1983-2003, 2005.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTORIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomical-environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, v.64, p.194-209, 2007.

FROTA, B. C. B.; PIRES, D. A. A.; AGUILAR, P. B.; RODRIGUES, J. A. S.; ROCHA JUNIOR, V. R.; REIS, S. T. Características nutricionais de genótipos de milho no período da safra. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n.2, p.106-111, 2015.

GHATAK, A.; CHATURVEDI, P.; NAGLER, M.; ROUSTAN, V.; LYON, D.; BACHMANN, G.; POSTL, W.; SCHRÖFL, A.; DESAI, N.; VARSHNEY, R. K.;

WECKWERTH, W. Comprehensive tissue-specific proteome analysis of drought stress responses in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (Pearl millet). **Journal of Proteomics**, v.143, p.122-135, 2016.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M. C.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v.88, p.119-131, 2007.

GOLOMBEK, S.; AL-RAMAMNEH, E. A-D. Drought Tolerance Mechanisms of Pearl Millet. Challenges to Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtropics, University of Kassel, **Institute of Crop Science**, Germany, 2002.

GORGEN, A. V.; CABRAL FILHO, S. L. S.; LEITE, G. G.; SPEHAR, C. R.; DIOGO, J. M. S.; FERREIRA, D. B. Produtividade e qualidade da forragem de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) e de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n.4, p.599-607, 2016.

GREMA, A. K.; HESS, T. M. Water balance and water use of pearl millet-cowpea intercrops in north east Nigeria. **Agricultural Water Management**, v. 26, p.169-185, 1994.

HAVILAH, E.J. **Forages and Pastures: Annual Forage and Pasture Crops—Species and Varieties**. Reference Module in Food Science. 2017.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 8 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2013. 528p.

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T. V.; FONSECA, A. F.; MONTES, C. R.; MENDONÇA, F. C.; PIVELI, R. P.; BREULMANN, G.; FORTI, M. C.; MELFI, A. J. Chemical effects on soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation – a pilot field study in Brazil. **Agriculture Water Management**, v.89, p.105-115, 2007.

HERRADA, R. M.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, E. P. B. Leguminosas isoladas e consorciadas com milheto em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latinoamericana**, v.35, p. 293-299, 2017.

IBRAHIM, A.; ABAIDOO, R. C.; FATONDJI, D.; OPOKU, A. Hill placement of manure and fertilizer micro-dosing improves yield and water use efficiency in the

Sahelian low input millet-based cropping system. **Field Crops Research**, v.180, p.29-36, 2015.

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELAITIS, A. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n.8, p.561-571, 2017.

JORNADA, J. B. J.; MEDEIROS, R. B.; PEDROSO, C. E. S.; SAIBRO, J. C.; SILVA, M. A. Efeito da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre a qualidade de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.010-015, 2008.

KARAM, F.; BREIDY, J.; STEPHAN, C. ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in Beka Valley of Lebanon. **Agricultural Water Management**, v. 63, p.125-137, 2003.

KHAN, A. M.; SHAUKAT, S.; SHAHZAD, A.; ARIF, H. Growth and yield responses of pearl millet (*pennisetun glaucum* L.) irrigated with treated effluent from waste stabilization ponds. **Pakstain Journal of Botany**, v. 44, p.905-910, 2012.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso do milheto como planta forrageira**. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, 2000. (Gado de Corte Divulga, 46)

KOLLET, J.L.; DIOGO, J.M.S.; LEITE, G.G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1308-1315, 2006.

LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, p.242-249, 2009.

LEROI, B.; ALZOUMA, I.; HUIGNARD, J. The Influence of Intercropping Millet (*Pennisetum typhoides* Burm) with Cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) on the Egg-laying and Development of *Bruchidius atrolineatus* (Pic) (Coleoptera: Bruchidae). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.31, p.39-48, 1990.

LOVADINI, L. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S. Emprego de Dolichos lablab como adubo verde. I – Estudo do plantio intercalado na cultura do milho. **Bragantia**, v. 31, n.8, p.97-108, 1972.

MACHADO, J. Milheto viabiliza sistema produtivo mais sustentável. **Revista A Lavoura**. Ano 117. Nº 704. p. 66. 2014

MARTINS, D. Comunidade infestante no consórcio de milho com leguminosas. **Planta Daninha**, v.12, n.2, p.100-105, 1994.

MATOS, A. T.; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento de frutos do cafeeiro. *Revista Ceres*, v. 52, p.675-688, 2005.

MCINTYRE, B. D.; FLOWER, D. J.; RIHA, S. J. Temperature and soil water status effects on radiation use and growth of pearl millet in a semi-arid environment. **Agricultura and Forest Meteorology**, v.66, p.211-227, 1993.

MICKELBART, M.V.; HASEGAWA, P.M.; SALT, D.E. Respostas e adaptação ao estresse abiótico - as mudanças fenotípicas na estrutura e no comportamento foliares são importantes respostas ao estresse. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. p.763-767.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. 1. ed. Recife: SUDENE/Cooperación Française/ORSTOM, 1992. 521p.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCI, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; CARVALHO, M. P.; DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. **Revista Ceres**, v. 59, n.1, p. 125-135, 2012.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Industria Animal**, v.72, n.3, p.185-192, 2015.

MOSSE, K. P. M. PATTI, A. F.; CHRISTEN, E. W.; CAVAGNARO, T. R. Winery wastewater inhibits seed germination and vegetative growth of common crop species. **Journal of Hazardous Materials**, v. 180, p. 63-70, 2010.

MOUSAVI, S. R.; TAVAKOLI, M. T.; DADGAR, M.; CHENARI, A. I.; MORIDIYAN, A.; SHAHSAVARI, M. Reuse of treated wastewater for agricultural irrigation with its quality approach. **Biological Forum – An International Journal**, v.7, n.1, p.814-822, 2015.

MTHEMBU, B. E.; EVERSON, T. M.; EVERSON, C. S. Intercropping maize (*Zea mays* L.) with lablab (*Lablab purpureus* L.) for sustainable fodder production and quality in smallholder rural farming systems in South Africa. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v.42, n.4, p.362-382, 2018.

NAGARAJA, A.; DAS, K. Chapter 3 – Disease Resistance in Pearl Millet and Small Millets. **Biotic Stress Resistance in Millets**, p. 69-104, 2016.

NAGAZ, K; MASMOUDI, M. M.; MECHILA, N. B. Yield and water use-efficiency of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) under deficit irrigation with saline water in arid conditions of Southern Tunisia. **Research Journal of Agronomy**, v.3, n.1, p. 9-17, 2009.

NAKAGAWA, J.; MARTINS, D.; MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; MADALENA, J. A. S. Consorciação e plantas daninhas afetando a produtividade e a qualidade de sementes de sorgo. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.52-56, 2009.

NELSON, W. C. D.; HOFFMANN, M. P.; VALDEZ, V.; ROETTER, R. P.; WHITBREAD, A. M. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. **Field Crops Research**, Volume 217, p. 150-166, 2018.

NIELSEN, D. C.; VIGIL, M. Water use and environmental parameters influence pearl millet yield. **Field Crops Research**, v.212, p.34-44, 2017.

NOOR, M. A.; FIAZ, S.; NAWAZ, A.; NAWAZ, M. M. The effects of cutting interval on agro-qualitative traits of different millet (*Pennisetum americanum* L.) cultivars. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, p.317-322, 2018.

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. B.; SANTOS, D. L.; COUTO, C. F. Soil chemistry after irrigation with treated wastewater in semiarid climate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p.1-13, 2016.

OLIVEIRA, L. B.; BARROS, R. L. N.; MAGALHÃES, W. B.; MEDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Cowpea growth and yield in sole crop and intercropped with millet. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 53 – 58, 2017.

OSAKABE, Y.; OSAKABE, K.; SHINOZAKI, K.; LAM-SON, P.T. Response of plants to water stress. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.1-8, 2014.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; WAQUIL, J. M. Manejo da cultura **do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 29, 2003. 17 p.

PETTER, F. A.; PEREIRA, L. P.; ZUFFO, A. M.; CAVALCANTE, P. A.; FERNANDES, Z.; MORAES, S. J.; SOUZA, J. M. M. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, p.3307-3319, 2013.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.426-436, 2013.

PIRES, F.R.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; SANTOS, S.C.; VIEIRA NETO, S.A.; SOUSA, J.P.G. de. Desempenho agrônômico de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.41-49, 2007.

QADIR, M.; WICHELNS, D.; RASCHID-SALLY, L.; MCCORNICK, P. G.; DRECHSEL, P.; BAHRI, A.; MINHAS, P. S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. **Agricultural Water Management**, v.97, n.4, p. 561-568, 2010.

RATTAN, R. K.; DATTA, S. P.; CHHONKAR, P. K.; SURIBABU, K.; SINGH, A. K. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater - a case study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 109, p.310-322, 2005.

RHEINHEIMER, D.S.; CAMPOS, B.C.; GIACOMINI, S.J.; CONCEIÇÃO, P.C. & BORTOLUZZI, E.C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:435-440, 2008.

RIBEIRO, R. E. P. **Avaliação da rebrota do milho em função da altura de corte e interceptação luminosa**. 2014. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Universidade Federal de Goiás).

ROCHA, J. M. L.; SANTOS, A. C.; SILVEIRA JUNIOR, O.; SILVA, R. R.; SANTOS, J. G. D.; OLIVEIRA, L. B. T. Características agrônômicas do milho sob efeito de

nitrogênio nos sistemas consorciado e monocultivo. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, n.1, p.37-43, 2017.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTONIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v. 59, n.3, p. 380-385, 2012.

ROSTAMZA, M.; CHAICHI, M-R.; JAHANSOUZ, M-R.; ALIMADADI, A. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. **Agricultural Water Management**, v.98, n.10, p.1607-1614, 2011.

RUSAN, M. J. M.; HINNAWI, S.; ROUSAN, L. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. **Desalination**, v.215, p.143-152, 2007.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.775-764, 2009.

SANTOS, F. G. Milheto no Brasil: desenvolvimento de cultivares. **Workshop Internacional do Milheto**. Brasília, 9 e 10 de julho de 1999.

SANTOS JUNIOR, J. A.; SOUZA, C. F.; PEREZ-MARIN, 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, p.456-463, 2015.

SANTOS, S. R.; RIBEIRO, D. P.; MATOS, A. T.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D. CHANGES IN SOIL CHEMICAL PROPERTIES PROMOTED BY FERTIGATION WITH TREATED SANITARY WASTEWATER, **Engenharia Agrícola**, v.37, p.343-352, 2017.

SCHRÖDER, D.; KÖPKE, U. Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops - a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? **Field Crop Research**, v.135, p.74-81, 2012.

SEGHATOLESLAMI, M.J.; KAFI, M.; MAJIDI, I. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet (*Panicum*

miliaceum) Genotypes. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources**, v. 40, n.4, p.1427-1432, 2008.

SELIM, M. M. Evaluation of the re-use of treated wastewater for irrigation. *Acta Agronomica Hungarica*, v.56, p.477-484, 2008.

SHEAHAN, C.M. **Plant guide for pearl millet** (*Pennisetum glaucum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ, 2014.

SHEHU, Y.; ALHASSAN, W. S.; PAL, U. R.; PHILLIPS, C. J. C. The effect of intercropping *Lablab purpureus* L with sorghum on yield and chemical composition of fodder. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 183, p.73-79, 1999.

SHILPI, S.; SESHADRI, B.; SARKAR, B.; BOLAN, N.; LAMB, D.; NAIDU, R. Comparative values of various wastewater streams as a soil nutrient Source. **Chemosphere**, v.192, 272-281, 2018.

SILVA, A. A. **Marcadores enzimáticos e microssatélites para caracterização de cultivares de milho** (*Pennisetum glaucum* L.). 2013. 75p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

SILVA, P. F. **Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 2017. 79p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, L. V. B. D.; LIMA, V. L. A.; PEARSON, H. W.; SILVA, T. T. S.; MACIEL, C. L.; SOFIATTI, V. Chemical properties of a Haplustalf soil under irrigation with treated wastewater and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p.308-315, 2016.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. Cap.6, p.275-374.

SINGH, P.; BOOTE, K. J.; KADIYALA, M. D. M.; NEDUMARAN, S.; BANTILAN, M. C. S.; An assessment of yield gains under climate change due to genetic modification of pearl millet. **Science of the Total Environment**, v. 601-602, p. 1226-1237, 2017.

SINGH, B.R.; SINGH, D.P. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. **Field Crops Research**, v.52, p.57-67, 1995.

SKORA NETO, F. Uso de caracteres fenológicos do milho como indicadores do início da interferência causada por plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.21, p.81-87, 2003.

SOBRINHO, W. N. **Adubação orgânica e mineral na composição química e produção do milheto (*Pennisetum glaucum*) no semi-árido**. 2007. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande.

SPRENT, J. I.; ODEE, D. W.; DAKORA, F. D. African legumes: a vital but under-utilized resource. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 5, p. 1257-1265, 2010.

TAYLOR, J. R. N. **Millet: Pearl**. Reference Module in Food Science. 2016.

TAYLOR, J. R. N.; KRUGER, J. **Millets**. **Encyclopedia of Food and Health**. P.748-757 2016.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PAES, J. M. Nutrição mineral do feijoeiro em influência de nitrogênio e palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 511-519, 2010.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; MINUTTI, C. R.; FOLONI, S.; CALONEGO, J. C. Botanical composition of sorghum, millet, plant and midget guandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 183-190, 2013.

TRINDADE, J. S.; SAENZ, E. A. C.; DIAS, M.; BANYS, V. L.; DIAS, F. J. S. Produtividade do milheto em três densidades de semeadura e duas alturas de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, p.1-10, 2017.

TSUBO, M., OGINDO, H.O., WALKER, S. Yield evaluation of maize-Bean intercropping in a semi-Arid region of South Africa. **African Crop Science Journal**, v.12, p.351-358, 2004.

ULLAH, A.; AHMAD, A.; KHALIQ, T.; AKHTAR, J. Recognizing production options for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. **Journal of Integrative Agriculture**, v.16, n.4, p.762-773, 2017.

VAN OOSTEROM, E. J.; BIDINGER, F. R.; WELTZIEN, E. R. A yield architecture framework to explain adaptation of pearl millet to environmental stress. **Field Crops Research**, v. 80, p.33-56, 2003.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho- Amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.372-377, 2010.

VITAL, A. F. M.; SANTOS, D.; SANTOS, R. V. Características agronômicas do milho adubado com diferentes fontes orgânicas. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.303-309, 2015.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; IJIMA, M. Deep root water uptake ability and water use efficiency of pearl millet in comparison to other millet species. **Plant Production Science**, v.8, p.454-460, 2005.

ZEMA, D. A.; BOMBINO, G.; ANDILORO, S.; ZIMBONE, S. M. Irrigation of energy crops with urban wastewater: Effects on biomass yields, soils and heating values. **Agricultural Water Management**, v. 115, p.55-65, 2012.

ZOOLEH, H. H.; JAHANSOOZ, M. R.; YUNUSA, I.; HOSSEINI, S. M. B.; CHAICHI, M. R.; JAFARI, A. A. Effect of alternate irrigation on root-divided foxtail millet (*Setaria itálica*). **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.2, p.205-213, 2011.

WANG, J. F.; WANG, G. X.; WANYAN, H. Treated wastewater irrigation effect on soil, crop and environment: Wastewater recycling in the loess area of China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19, n. 9, p1093-1099, 2007.

APENDICE 1 - Resumo da Análise de Variância para as variáveis matéria seca (kg/ha), matéria verde (kg/ha), Área Foliar (cm²/planta), diâmetro caulinar (mm/planta), índice SPAD, Uso Eficiente de Água (kg/ha/mm) e altura de planta (m/planta) de plantas de milho, em função de diferentes lâminas de irrigação com água residuária e consórcio com feijão lablab, em duas colheitas. Experimento realizado em Frei Martinho-PB, no ano de 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		Massa Seca Total (kg/ha)	Massa Verde Total (kg/ha)	Área Foliar cm ²	SPAD	DC (mm)	AP (m)	UEA (kg/ha/mm)
Lâmina	4	13251067.96 ns	260351922.10 ns	15318.36 ns	107.27*	0.21 ns	0.03 ns	78.36 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	52119406.06 ns	991088542.48*	15824.68 ns	0.23 ns	0.08 ns	0.00 ns	300.33 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	8443.97 ns	732953.94 ns	11119.69 ns	30.230554 ns	0.75 ns	0.10 ns	6.36 ns
<i>Desvios</i>	2	438210.90 ns	24793096.00 ns	17164.53 ns	199.312951*	0.02 ns	0.01 ns	3.37 ns
Bloco	3	51373768.16*	72747224.45 ns	33548.45 ns	72.291143 ns	3.29 ns	0.09 ns	437.84*
Resíduo (a)	12	12087590.09	91037670.00	19457.29	30.595086	2.40	0.04	121.88
Consórcio	1	682448.04 ns	136466500.21 ns	682.40 ns	15.225125 ns	1.62 ns	0.01 ns	4.04 ns
Lâmina x Consórcio	4	5263821.46 ns	207121413.10 ns	15414.53 ns	63.677247*	2.23 ns	0.06 ns	50.26 ns
<i>Lâmina d. Sem consórcio</i>	(4)	7310353.50 ns	381777457.59 ns	24082.02 ns	39.900896 ns	0.88 ns	0.06 ns	60.64 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	20875415.32 ns	1023700201.94 ns	30029.70 ns	13.604251 ns	0.49 ns	0.001 ns	173.55 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	1740133.94 ns	1010545.42 ns	14689.43 ns	1.911044 ns	0.86 ns	0.14 ns	3.20 ns
<i>Desvios</i>	2	3312932.37 ns	251199541.49 ns	25804.48 ns	72.044145*	1.10 ns	0.06 ns	32.91 ns
<i>Lâmina d. Com consórcio</i>	(4)	11204535.91 ns	85695877.61 ns	6650.86 ns	131.046903**	1.56 ns	0.02 ns	67.97 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	31818386.26 ns	156908994.93 ns	21.27 ns	9.099005 ns	0.09 ns	0.001 ns	128.47 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	2099876.32 ns	4910681.29 ns	780.01 ns	40.873889 ns	4.62 ns	0.01 ns	28.66 ns
<i>Desvios</i>	2	5449940.54 ns	90481917.12 ns	12901.09 ns	237.107358**	0.77 ns	0.04 ns	57.38 ns
Resíduo (b)	15	8127372.12	208214041.85	18003.95	18.702376	1.90	0.04	83.18
Colheita	1	63126293.33**	1232640.69 ns	433705.73**	2640.402000**	73.50**	12.62**	14.80 ns
Colheita x Lâmina	4	3701996.77 ns	269649110.41 ns	17308.93 ns	38.042416 ns	1.78 ns	0.03 ns	70.80 ns
<i>Lâmina d. Colheita 1</i>	(4)	15296210.80 ns	526566718.50 ns	31986.11 ns	20.805802 ns	1.49 ns	0.04 ns	0.50 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	60858121.33*	2053085560.76**	42850.65 ns	6.458161 ns	0.10 ns	0.01 ns	0.20 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	75184.08 ns	956778.05 ns	30619.51 ns	40.212072 ns	3.79 ns	0.11*	0.39 ns
<i>Desvios</i>	2	125768.89 ns	26112267.59 ns	27237.13 ns	18.276488 ns	1.03 ns	0.01 ns	0.71 ns
<i>Lâmina d. Colheita 2</i>	(4)	1656853.93 ns	3434314.01 ns	641.19 ns	124.507165**	0.51 ns	0.02 ns	148.66 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	5801255.23 ns	623057.36 ns	846.89 ns	3.494480 ns	0.01 ns	0.01 ns	578.73**
<i>Reg. Quadrática</i>	1	20806.20 ns	4791270.73 ns	668.51 ns	2.057432 ns	0.52 ns	0.01 ns	8.63 ns
<i>Desvios</i>	2	402677.15 ns	4161463.98 ns	524.68 ns	246.238374 **	0.76 ns	0.03 ns	3.64 ns
Colheita x Consórcio	1	2905003.35 ns	375604206.02 ns	195.91 ns	41.731605 ns	1.09 ns	0.01 ns	30.29 ns
<i>Consórcio d. Colheita 1</i>	(1)	3201743.40 ns	482436305.98 ns	73.52 ns	3.271840 ns	0.03 ns	0.01 ns	28.22 ns
<i>Consórcio d. Colheita 2</i>	(1)	385708.00 ns	29634400.25 ns	804.79 ns	53.684890 ns	2.68 ns	0.001 ns	6.11 ns
Colheita x Consórcio x Lâmina	4	2609541.64 ns	76512252.03 ns	7689.05 ns	37.266383 ns	0.38 ns	0.01 ns	24.51 ns
Resíduo (c)	30	6450086.12	211513751.06	10793.07	20.662250	1.29	0.02	59.37 ns
Total	79							
CV 1 (%)		40.98	21.28	29.64	10.07	15.07	11.43	43.38
CV 2 (%)		33.60	32.19	28.51	7.87	13.41	11.37	35.84
CV 3 (%)		29.93	32.44	22.07	8.28	11.07	8.69	30.28
Média Geral		8484.31	44830.75	470.67	54.92	10.26	1.70	25.45

ns – não significativo; * significativo, até 5% de probabilidade; ** significativo, até 1% de probabilidade

APENDICE 2 - Resumo da Análise de Variância de plantas de milho em função de diferentes lâminas de irrigação com água residuária sob consórcio com feijão Lab-Lab e época de amostragem (três amostragens). Variáveis: H+ (mg/dm³), Fósforo (mg/dm³), Sódio (mg/dm³), Potássio (mg/dm³), Carbono Orgânico Total (mg/kg). Experimento realizado em Frei Martinho-PB no ano de 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		H+	Fósforo	Sódio	Potássio	COT
Lâmina	4	1.77768896E+0016 ns	1368.97 ns	8617.73	11085.31 ns	4.52 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	66141794709895260.50 ns	679.80 ns	8618.41 ns	3596.31 ns	0.03 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	1740370716074468.39 ns	1081.31 ns	9537.72 ns	35033.78 *	0.012 ns
<i>Desvios</i>	2	1612696451982461.69 ns	1857.38 ns	8157.39 ns	2855.58 ns	9.02 ns
Bloco	3	1.14461984E+0017*	9386.66**	24253.67*	22406.67*	0.43 ns
Resíduo (a)	12	2.78102554E+0016	1063.61	5961.39	4786.53	10.48
Consórcio	1	1.12018852E+0016 ns	9342.32*	6754.20 ns	87.33 ns	1.22 ns
Lâmina x Consórcio	4	7.32299533E+0015 ns	1664.64 ns	16008.63#	2412.92 ns	3.30 ns
<i>Lâmina d. Sem consórcio</i>	(4)	8.62416702E+0015 ns	2126.72 ns	6162.57 ns	6543.23 ns	1.45 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	21745495673719398.20 ns	1711.59 ns	7544.60 ns	574.57 ns	2.16 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	6163995475158013.54 ns	4848.47 ns	16626.45 ns	20722.82*	1.12 ns
<i>Desvios</i>	2	3293588472574407.65 ns	973.41 ns	239.62 ns	2437.77 ns	1.27 ns
<i>Lâmina d. Com consórcio</i>	(4)	1.64757179E+0016 ns	906.88 ns	18463.79*	6955.00 ns	6.37 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	46761714072642099.90 ns	20.24 ns	47588.88*	11832.99*	2.98 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	18908704618382169.80 ns	534.86 ns	84.09 ns	14580.21*	0.783101 ns
<i>Desvios</i>	2	116226438293994.46 ns	1536.22 ns	13091.09 ns	703.40 ns	10.86 ns
Resíduo (b)	15	1.00042353E+0016	1192.16	6008.98	2575.97	5.16
Coleta	1	2.69713327E+0017**	3496.17*	223963.87**	32356.03**	3.08 ns
Coleta x Lâmina	8	1.30971186E+0016 ns	857.27 ns	9309.79 ns	2897.68 ns	6.10 ns
<i>Lâmina d. Coleta 1</i>	(4)	9.45243441E+0013 ns	406.50 ns	2656.53 ns	9806.25*	11.65 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	182390765267123.33 ns	1078.25 ns	195.81 ns	102.04 ns	7.52 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	5948607247858.72 ns	31.25 ns	1258.66 ns	2295.90 ns	4.70 ns
<i>Desvios</i>	2	94879001959373.35 ns	258.25 ns	4585.81 ns	8913.54*	17.19 ns
<i>Lâmina d. Coleta 2</i>	(4)	2.18456333E+0015 ns	1014.77 ns	21834.39**	2884.96 ns	3.04 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	3469860604172596.99 ns	890.91 ns	3579.55 ns	974.69 ns	0.37 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	25223790344503.10 ns	1192.57 ns	3579.55 ns	7266.58 ns	3.49 ns
<i>Desvios</i>	2	2621584456031759.73 ns	987.79 ns	34687.9 ns	1649.29 ns	4.16 ns
<i>Lâmina d. Coleta 3</i>	(4)	4.16920391E+0016 ns	1662.25 ns	2746.39 ns	4189.46 ns	2.03 ns
<i>Reg. Linear</i>	1	160039468407426165.00 ns	2318.24 ns	7564.30 ns	3912.30 ns	6.00 ns
<i>Reg. Quadrática</i>	1	6355050321871923.55 ns	784.67 ns	189.10 ns	3652.35 ns	0.01 ns
<i>Desvios</i>	2	186818843122550.20 ns	1773.04 ns	1616.09 ns	2096.59 ns	1.06 ns
Coleta x Consórcio	2	1.01227806E+0016 ns	877.69 ns	2294.04 ns	2511.73 ns	1.18 ns
<i>Consórcio d. Coleta 1</i>	(1)	2.73934840E+0013 ns	1075.06 ns	252.81 ns	3807.38 ns	0.35 ns
<i>Consórcio d. Coleta 2</i>	(1)	1.36435944E+0014 ns	2060.66 ns	10518.99 ns	3807.37 ns	3.06 ns
<i>Consórcio d. Coleta 3</i>	(1)	3.12836170E+0016 ns	7961.99 ns	570.48 ns	125.32 ns	0.18 ns
Coleta x Consórcio x Lâmina	8	8.77757971E+0015 ns	502.90 ns	5484.51 ns	2583.55 ns	1.46 ns
Resíduo (c)	60	2.20252500E+0016	794.09	5079.56	1904.84	6.47
Total	119					
CV A (%)		225.34	30.58	52.89	56.10	45.91
CV B (%)		135.15	32.37	53.10	41.16	32.20
CV C (%)		200.54	26.42	48.82	35.39	36.06
Média Geral		74006257.02	106.65	145.99	123.31	7.05

ns - não significativo; # significativo, até 10% de probabilidade; * significativo, até 5% de probabilidade; ** significativo, até 1% de probabilidade.