



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

WESLEY LÍVIO VIANA TORRES

**CONSÓRCIO FEIJÃO-CAUPI E MILHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
COBERTURAS VEGETAIS MORTAS**

FORTALEZA

2019

WESLEY LÍVIO VIANA TORRES

CONSÓRCIO FEIJÃO-CAUPI E MILHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
COBERTURAS VEGETAIS MORTAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T649c Torres, Wesley Lívio Viana.
Consórcio feijão-caupi e milho sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas / Wesley Lívio Viana Torres. – 2019.
64 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. Agricultura Familiar. 2. Feijão de Corda. 3. Semiárido. I. Título.

CDD 630

WESLEY LÍVIO VIANA TORRES

CONSÓRCIO FEIJÃO-CAUPI E MILHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
COBERTURAS VEGETAIS MORTAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 29/10/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Coorientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Pesquisadora Dra. Krishna Ribeiro Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Carlos Newdmar Vieira Fernandes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, Maria Holandina e Judá

Thadeu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, antes de tudo, pela constante presença em minha vida. Ele quem alimenta minha fé, ampara nos momentos difíceis e é glória diante das vitórias!

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de cursar o mestrado e aprender mais.

A CAPES, pelo auxílio financeiro de todo percurso até a conclusão do mestrado.

À ADECE, pelos recursos que possibilitaram o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao orientador professor Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana e ao coorientador Geocleber Gomes de Sousa pela condução do experimento e pelos conhecimentos compartilhados, amizade, compreensão, apoio e contribuição para os crescimentos pessoal e profissional.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes e Dra. Krishina Ribeiro Gomes pela participação na banca e por serem exemplos de profissionais a seguirmos.

A minha amada esposa Carol Dias, pelo seu carinho, fé, constante incentivo, conselhos, respeito, companheirismo e a presença em todos os momentos.

Aos meus pais Maria Holandina e Judá Thadeu, pelo amor, educação, ensinamento de vida, força e fé que proporcionaram para a realização da caminhada acadêmica e pessoal.

A minha família e amigos, Thamara e Daniel, meus sobrinhos João Pedro e Maria Clara, André Luiz, Liza Adriane, tio Gerardo e tia Odete, tia Linda e tio Carlos, Dona Elba Maria, Dona Teresinha, Dona Meirinha, Bá, Dona Jesuíte (*In memoriam*), Jhon Lennon, Joyce Alexandre, Rafael, Juliana, César Moreira, Elison Lima e Lucas.

Aos amigos da pós-graduação Willame, Juarez, Raimundo, João Valdenor, Arnaldo, Keivia, Krishna, Azevedo, Jacques, Paulo, Pedro, Camila, Thales, Mayara, Beatriz, Rennan Terto, e ao Weverton.

A todos/as os/as professores/as do curso que multiplicaram o meu conhecimento e me proporcionaram o aprofundamento dos meus aprendizados na minha formação acadêmica/profissional.

RESUMO

O objetivo geral da pesquisa foi analisar a produtividade do consórcio feijão-caupi e milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no solo. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental da estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará. Para a condução do experimento utilizou-se um delineamento em parcelas subdivididas, em arranjo fatorial 5 x 4, referentes a 5 lâminas de irrigação (25%; 50%; 75%; 100% e 125% da Evapotranspiração do consórcio - ETc) e 4 coberturas vegetais mortas do solo (casca de arroz, bagana de carnaúba, mista - casca de arroz + bagana de carnaúba e sem cobertura morta), com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais. Para o feijoeiro foram avaliadas as variáveis: comprimento das vagens, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, massa das vagens e a produtividade. Para o milho, analisaram-se as variáveis: massa da espiga com palha, massa da espiga sem palha, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, massa do sabugo e produtividade. Os dados observados foram submetidos à análise de variância (Anova). Os dados quantitativos, referentes as lâminas de irrigação, quando significativos pelo teste F, foram submetidos a análise de regressão, utilizando-se o nível de 1 ou 5% ($P < 0,01$ ou $0,05$). Para os dados qualitativos, referentes as coberturas vegetais mortas, realizaram-se testes de médias (Tukey, ao nível de 5%). Quando significativa, para as interações entre os dados quantitativos x qualitativos realizaram-se gráficos de regressão múltiplas. A maior produtividade do feijão-caupi foi obtida com o uso da cobertura casca de arroz, com uma lâmina de irrigação equivalente a 125% da evapotranspiração do consórcio (da ETc). A maior produtividade do milho ocorreu quando se utilizou a maior lâmina equivalente a 125% (da ETc) com o solo sob cobertura mista (casca de arroz + bagana de carnaúba).

Palavras-chave: Agricultura familiar. Feijão de corda. Semiárido.

ABSTRACT

The general objective of the research was to analyze the productivity of the cowpea and corn consortium, under irrigation depths and dead vegetation cover in the soil. The research was developed in the experimental area of the Agrometeorological station of the Federal University of Ceará, in Fortaleza, Ceará. For the conduction of the experiment, a delineation in subdivided plots was used, in a 5 x 4 factorial arrangement, referring to 5 irrigation depths (25%; 50%; 75%; 100% and 125% of the consortium Evapotranspiration - ETc) and 4 dead vegetable coverings of the soil (rice husk, carnauba bagana, mixed - rice husk + carnauba bagana and without mulch), with 4 repetitions, totaling 80 experimental units. For beans, the variables were evaluated: length of pods, number of grains per pod, number of pods per plant, mass of pods and productivity. For corn, the variables were analyzed: ear mass with straw, ear mass without straw, ear length, ear diameter, cob weight and productivity. The observed data were submitted to analysis of variance (Anova). The quantitative data, referring to the irrigation depths, when significant by the F test, were submitted to regression analysis, using the level of 1 or 5% ($P < 0.01$ or 0.05). For qualitative data, referring to dead vegetation cover, averages tests were performed (Tukey, at the 5% level). When significant, for the interactions between quantitative and qualitative data, multiple regression graphs were performed. The highest productivity of cowpea was obtained with the use of rice husk cover, with an irrigation blade equivalent to 125% of the consortium's evapotranspiration (from ETc). The highest corn productivity occurred when the largest blade equivalent to 125% (of ETc) was used with the soil under mixed cover (rice husk + carnauba bagana).

Keywords: Family farming. String bean. Semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização do experimento	23
Figura 2	– Croqui do experimento.....	25
Figura 3	– Distribuição das linhas de gotejadores em campo.....	27
Figura 4	– Tanque classe A instalado próximo ao experimento.....	28
Figura 5	– Coberturas vegetais mortas: bagana de carnaúba (A) e casca de arroz (B)	30
Figura 6	– Subparcelas experimentais com coberturas de bagana de carnaúba (A), casca de arroz (B) e mista.....	30
Figura 7	– Subparcela sem cobertura morta.....	31
Figura 8	– Quantificação das massas das vagens (MV)	32
Figura 9	– Quantificação do peso dos grãos por planta.....	33
Figura 10	– Massa da espiga sem palha (a) e massa dos grãos (b) do milho.....	34
Figura 11	– Massa das vagens (MV) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	36
Figura 12	– Número de vagens por planta (NVP) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	37
Figura 13	– Número de grãos por vagens (NGV) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	39
Figura 14	– Produtividade (Prod.) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	40
Figura 15	– Comprimento da espiga (CE) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	42

Figura 16 – Massa da espiga com palha (MECP) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	43
Figura 17 – Massa da espiga sem palha (MESP) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	45
Figura 18 – Massa do sabugo (MS) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	46
Figura 19 – Diâmetro da espiga (DE) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	47
Figura 20 – Produtividade (Prod.) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados mensais de temperaturas do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e da velocidade do vento (Vv) a 2,0 m de altura.....	24
Tabela 2 – Análise do solo da área experimental.....	26
Tabela 3 – Vazões utilizadas por tratamento.....	27
Tabela 4 – Ocorrência de precipitação ao longo do experimento.....	29
Tabela 5 – Lâmina total aplicada no período do experimento.....	29
Tabela 6 – Resumo da análise de variância, para o quadrado médio, das variáveis: comprimento da vagem (CV), massa das vagens (MV), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade do feijão-caupi (Prod.), cultivado em consórcio com o milho, submetidos a diferentes lâminas de irrigação em função das coberturas vegetais mortas.....	35
Tabela 7 – Resumo da análise de variância, para o quadrado médio, das variáveis comprimento da espiga (CE), massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), massa do sabugo (MS), diâmetro da espiga (DE) e produtividade (Prod.) do milho cultivado em consórcio com o feijão caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.....	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO	16
2.1	Objetivos gerais	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	A cultura do feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp)	17
3.2	A cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.)	18
3.3	Consórcio feijão-caupi com milho	19
3.4	Lâminas de irrigação	20
3.5	Coberturas vegetais mortas	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	Localização e características climáticas da área experimental	23
4.2	Delineamento experimental	24
4.3	Condução do consórcio	25
4.4	Manejo da irrigação	26
4.5	Coberturas vegetais mortas no solo	29
4.6	Variáveis analisadas	31
4.6.1	<i>Variáveis analisadas no feijão-caupi</i>	31
4.6.2	<i>Variáveis analisadas no milho</i>	33
4.7	Análises estatísticas	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	O feijão-caupi	35
5.2	O Milho	41
6	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A – ÁREA MODELO	58
	APÊNDICE B - MARCAÇÃO DAS LINHAS DE PLANTIO NO PIQUETE 01	59
	APÊNDICE C – DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CONSÓRCIO FEIJÃO-CAUPI E MILHO NO PIQUETE 02	59
	DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO FEIJÃO-CAUPI E MILHO	

AOS 50 DAG NO PIQUETE 04	60
APÊNDICE E - DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO FEIJÃO- CAUPI E MILHO AOS 65 DAG NO PIQUETE 05	60
APÊNDICE F - DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO FEIJÃO- CAUPI E MILHO AOS 70 DAG NO PIQUETE 06	61
APÊNDICE G - CABRA PASTANDO NO PIQUETE 04	61
APÊNDICE H - CABRAS PASTANDO NO PIQUETE 08	62
APÊNDICE I - PIQUETE 03 APÓS 5 DIAS DE PASTEJO DAS CABRAS	62

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) destaca-se como um dos cultivos de maior importância no Brasil, tanto pelo aspecto econômico quanto pelas características nutricionais apresentadas por essa cultura. Esse produto agrícola é extremamente apreciado pelos brasileiros, além de ser um dos alimentos mais consumidos dentre os inseridos nos costumes culinários, sendo considerado uma das principais fontes de proteínas da dieta da população.

E, a cultura do milho (*Zea mays* L.) tem importância econômica e nutricional, principalmente pelo elevado rendimento e pelas variadas formas de utilização dos seus grãos secos ou verdes. Este cereal é um dos mais cultivados mundialmente, devido ao elevado conteúdo de carboidratos acumulados nos seus grãos, com uso na alimentação humana e no arração de animais.

Portanto, um se constitui em uma excelente fonte de proteínas e o outro de carboidratos, conseqüentemente, consistindo em alimentos integrantes da alimentação humana. Mas, os sistemas de monocultivo especializados na produção de grãos têm sido associados à deterioração da qualidade física do solo com maiores perdas de solo, maiores incidências de pragas, de doenças e de plantas invasoras.

Na utilização de cultivos de consórcios possibilitam obter um maior aproveitamento da área de cultivo, além disso, se insere mais de um cultivo em uma mesma área e possibilita a redução de ataques de pragas agrícolas, devido à variabilidade de culturas empregadas. O feijão-caupi consorciado com o milho pode contribuir na sustentabilidade agrícola dos agricultores familiares e melhorar a produtividade de massa verde para o consumo de ruminantes domésticos, através do grande volume de massas dos cultivos consorciados na área cultivada.

Para a determinação da melhor lâmina de irrigação em um cultivo pode possibilitar uma economia de água considerável, além de proporcionar a quantidade de água adequada ao desenvolvimento dos cultivos. Essa metodologia foi comprovado pelo Blanco et al. (2011), em estudo com diferentes lâminas de irrigação, verificaram no consórcio de feijão-caupi com o milho que a produtividade máxima foi obtida com a lâmina de 640 mm, tendo sido observada resposta linear crescente da produção em função da lâmina de irrigação aplicada.

Entretanto, a maior parte dos pequenos agricultores do estado do Ceará que utilizam a irrigação no consórcio feijão com o milho não adotam um manejo adequado para se

obter o máximo rendimento das culturas envolvidas. Isso ocorre, muitas vezes, devido à falta de conhecimento de técnicas de manejo da irrigação, o que pode proporcionar uma redução significativa na produtividade do consórcio. Porém, tal consequência, pode ser mitigada ao se utilizarem procedimentos acessíveis aos produtores que não impliquem em aumento do custo de produção.

Já, a cobertura morta aplicada na superfície do solo é muito importante para as regiões áridas e semiáridas, pois esta prática mantém o solo úmido por mais tempo favorecendo o desenvolvimento da cultura. E com isso, pode possibilitar a diminuição das frequências de irrigação com economia nos custos de operação e de manutenção (FERREIRA et al., 2015).

Portanto, a análise do dueto lâminas de irrigação - coberturas vegetais mortas pode potencializar a produtividade do consórcio feijão caupi com milho, proporcionando vantagens como economia de água, na redução de plantas daninhas e aumento da umidade do solo, sem representar um custo elevado para o produtor.

Em síntese, o objetivo geral da pesquisa foi analisar a produtividade do consórcio feijão-caupi e milho sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa foi analisar a produtividade do consórcio feijão-caupi e milho sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a massa e o comprimento das vagens do feijoeiro, cultivado em consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no solo;
- Avaliar o número de grãos por vagem e o número de vagens por planta do feijoeiro, cultivado em consórcio com o milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no solo;
- Avaliar as massas da espiga com palha, da espiga sem palha e do sabugo do milho, cultivado em consórcio com o feijão, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no solo;
- Avaliar o comprimento e o diâmetro da espiga do milho, cultivado em consórcio com o feijão, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) foi introduzido no Brasil a partir da segunda metade do século XVI, no Estado da Bahia, através de colonizadores portugueses (FREIRE FILHO, 1988; FREIRE FILHO et al., 2011). A partir de então, essa cultura foi bastante dispersada pela região Nordeste e para o restante do Brasil, sendo hoje considerada um dos principais alimentos da culinária brasileira.

No Brasil e no Ceará, sua área de cultivo é de cerca de 1.023,3 e 400 mil hectares com produtividade média de 558 e 366 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2019). De modo geral, o feijão-caupi é bastante cultivado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, destacando-se maior área plantada onde há o predomínio em pequenas propriedades (CARDOSO et al., 2006). É um dos cultivos mais adaptados a pouca disponibilidade hídrica e nutricional, tornando-se alternativa para a produção de proteína a baixo custo e em menos de 80 dias de cultivo. E, na agricultura familiar, essa leguminosa de origem africana faz parte da culinária regional nordestina, como no famoso baião-de-dois (ZILLI et al., 2009).

Na região Nordeste, a produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas, onde outras culturas leguminosas anuais, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente (FREIRE FILHO, 2011). Essa cultura se destaca por ser uma atividade importante para o desenvolvimento agrícola, tanto no aspecto econômico quanto pelas características nutricionais, além de ser um alimento essencial para suprir as necessidades diárias das populações mais carentes (TEÓFILO et al., 2008).

A produção de feijão-caupi nas regiões Nordeste e Norte é feita por pequenos empresários e agricultores familiares que ainda utilizam práticas tradicionais. Já na região Centro-Oeste, onde o feijão-caupi passou a ser cultivado em larga escala a partir de 2006, a produção provém principalmente de médios e grandes empresários que praticam uma lavoura altamente tecnificada (FREIRE FILHO, 2011).

A cultura do feijão-caupi pode ser irrigada por qualquer sistema, aspersão, sulcos ou inundação (cultivo em várzeas), proporcionando até mais de duas safras por ano. Contudo, o manejo da água de irrigação é fundamental para o sucesso da lavoura, sendo necessário o fornecimento de água no momento oportuno e em quantidade adequada para os diferentes estádios de desenvolvimento da planta (MEDEIROS et al. 2009).

A deficiência de água é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades de grãos de feijão-caupi, sendo que a duração e a época de ocorrência do déficit hídrico afetam em maior ou menor intensidade o rendimento dessa cultura. Por isso, no Brasil no ambiente irrigado, pode-se observar uma grande variação na produção de um ano para outro, agravado pelos fatores climáticos como temperatura e a baixa umidade do ar. (AZEVEDO et al., 2011).

Um aspecto inovador em relação ao manejo de irrigação em feijão-caupi é a introdução de cobertura morta sobre o solo, comumente definida como plantio direto ou cultivo sobre palhada, método conservacionista que consiste na manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, atuando diretamente na proteção do mesmo, contra raios solares e precipitação direta. Diminuindo, portanto, impactos negativos causados por esses eventos climáticos e proporcionando um ambiente favorável para as culturas (LOCATELLI, 2013).

3.2 A cultura do milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) essa cultura apresenta elevada importância para a economia, principalmente devido a sua versatilidade, apresentando diferentes formas de utilização, como para consumo humano e animal, como matéria prima para o setor alimentício na indústria agropecuária, além de ser utilizada na rotação de cultivos, visando melhorar as características do solo e diminuir as incidências de doenças e pragas na lavoura (BARROS & CALADO, 2014).

Os três maiores produtores nacionais de milho são os estados de São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais. Na região Nordeste, a produtividade média é ainda menor (2.507 kg ha⁻¹), o milho é explorado em todos os estados, e para o estado do Ceará essa produtividade média menor é de 671 kg ha⁻¹, o milho é cultivado em todos os municípios, tanto para obtenção de espigas verdes quanto de grãos secos (MOREIRA, 2007). Apesar disso, o rendimento médio da cultura nesse Estado é considerado extremamente baixo (GALVÃO, 2013).

Para Meira et al. (2009), a cultura do milho no Brasil tem sua importância pelo valor nutricional, tanto para grãos e quanto para o consumo e a produtividade é considerada baixa, sendo o manejo inadequado de fertilizantes um dos motivos que reduz a produtividade dessa cultura. O Ceará é um dos Estados que tem menores produtividades de Milho, pois o clima semiárido e a distribuição irregular das chuvas predominam em mais de 80% da sua área de cultivo (CONAB, 2014).

Estima-se que a área cultivada com o milho em grãos atingiu 16.654,0 mil hectares com incremento de 0,1% em relação à safra passada, destacando-se entre as culturas com bom desempenho no Brasil (CONAB, 2019). No Nordeste, em especial no Ceará, o mesmo obteve aumento na área cultivada, para 535,1 mil hectares, mas à produtividade foi inferior a da primeira safra, de 671 kg ha⁻¹ e no Brasil de 5.379 kg ha⁻¹.

A quantidade de água que o milho utiliza no ciclo é chamada de demanda sazonal, podendo variar com as condições climáticas de onde é cultivado. No caso do milho, o período de maior consumo coincide com o florescimento e o enchimento de grãos. A quantidade de água usada pela cultura, por unidade de tempo, nesse período é chamada demanda de pico (ANDRADE et al., 2006).

O cultivo do milho irrigado é de suma importância principalmente em sucessão de culturas. Além disso, a produtividade do milho irrigado pode chegar a ser superior, de 30 a 40%, em relação à de sequeiro. O cultivo de milho irrigado pode ser uma opção bastante interessante, principalmente quando cultivado na entressafra (BORGES, 2003).

3.3 Consórcio milho com feijão-caupi

O cultivo em consórcio consiste no plantio simultâneo de duas ou mais culturas numa mesma área, de maneira que a disposição das culturas implantadas objetiva maximizar a produtividade e os retornos financeiros (ALBUQUERQUE et al., 2012). Esse sistema de produção apresenta diversas vantagens, podendo-se citar uma maior produtividade de grãos por área plantada (BRITO et al., 2017), maior estabilidade de rendimento em caso de falhas no cultivo, redução na incidência de pragas, de doenças e de plantas daninhas e controle da erosão no solo (DEVIDE et al., 2009).

Na região semiárida do Nordeste, em pequenas propriedades rurais, se utiliza esse tipo de tecnologia para se melhorar e otimizar os recursos disponíveis. E o feijão-caupi consorciado com o milho integram os principais alimentos de subsistência e fonte de proteína do pequeno produtor, sendo cultivado em sistema de consórcio com outras culturas (ALVES et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2012).

Costa et al. (2010) afirmam que existem diversas culturas adaptadas ao sistema de consórcio, em especial, o consórcio milho-feijão, podendo melhorar o desempenho do sistema e a produtividade das culturas consortes. O cultivo em consórcio tem se tornado uma prática em pequenas propriedades do Brasil, reduzindo os riscos de perdas, com retorno econômico, constituindo-se em alternativa viável para a oferta de alimentos.

O sistema de cultivo em consórcios apresenta melhor forma de arranjo entre fileiras das culturas exploradas no Norte e no Nordeste do Brasil, principalmente no componente de produção dos grãos. E, diversas opções são utilizadas em sistemas de consórcio, envolvendo diferentes culturas, destacando-se o consórcio entre gramíneas e leguminosas. Tanto o consórcio com o milho quanto o com o sorgo apresentaram reduções na produtividade do feijão-caupi, quando comparado com o cultivo não consorciado.

Avaliando diferentes lâminas de irrigação para o consórcio nos cultivos do milho e o feijão-caupi para a produção de grãos verdes, nas condições semiáridas de Teresina – PI, foi observado para o efeito linear para o feijão-caupi e a máxima produtividade de grãos verdes foi obtida com a maior lâmina de água, 644 mm. E, no milho a lâmina de água com maior produtividade foi de 530 mm (BLANCO, 2011).

Souza et al. (2011), avaliando o desenvolvimento da cultura do feijão-caupi em sistema consorciado com milho, observaram que a produção foi crescente com o incremento de água e seus maiores rendimentos foram obtidos com a lâmina de irrigação (125% da ETo), proporcionando a produtividade média de 622,3 kg ha⁻¹.

3.4 Lâminas de irrigação

A utilização racional da água é de fundamental importância para garanti-la para as gerações futuras, para tanto, é necessário utilizá-la de maneira consciente. Dessa forma, a agricultura vem se modernizando na tentativa de produzir maiores quantidades de alimentos, utilizando uma menor quantidade de água (GALLON et al., 2015).

A irrigação é uma importante ferramenta para o aumento da produtividade, para a melhoria da qualidade do produto, para a produção na entressafra e para a redução do risco do investimento feito na atividade agrícola (ANDRADE; JÚNIOR, 2012). Em regiões tropicais de clima quente e seco, como o semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico em função da elevada evapotranspiração e da baixa precipitação pluviométrica, a prática da irrigação é a única maneira de se garantir a produção agrícola em bases sustentáveis e com segurança (AMORIM et al., 2012).

Segundo Marouelli et al. (2012), a irrigação fornece água às plantas em duração e em quantidade para evitar o estresse hídrico, principalmente favorecendo a produtividade e a qualidade de produção. O manejo correto da irrigação considerando o momento adequado de irrigar e a quantidade ideal de aplicação da água são elementos básicos que possibilitam o

melhor desempenho das culturas. Esse correto manejo visa minimizar os desperdícios de água.

Blanco et al. (2011) observaram que o feijão-caupi respondeu linearmente à irrigação e que a sua máxima produtividade foi obtida com lâmina de 640 mm por ciclo. Porém, são escassas as informações sobre o manejo ótimo da água de irrigação para a obtenção do máximo rendimento econômico da cultura sob condições de consórcio, principalmente, com milho.

Em análise dos efeitos de lâminas de irrigação em função de adubação nitrogenada em feijão-caupi, Tagliaferre et al. (2013) constataram que não houve interação significativa em função dos fatores avaliados. Com as variáveis número de grãos por vagem (NGV) e comprimento da vagem (CV) ocorreu efeito quadrático, sendo que o NGV máximo foi de 11,96 com aplicação de lâmina de irrigação de 332,63 mm.

Souza et al. (2011) verificaram, em sistema consorciado com feijão, que a maior produtividade do milho irrigado, 3.476,7 kg ha⁻¹, ocorreu com lâmina de irrigação equivalente a 125% da ETo, 558,1 mm no ciclo. E para o feijão-caupi apresentou também uma produção crescente com o incremento da lâmina de irrigação equivalente a 125% da ETo, atingindo 622,3 kg ha⁻¹.

3.5 Coberturas vegetais mortas

A cobertura morta é uma prática agrícola na qual se aplica material orgânico ao solo, sem que haja incorporação do mesmo. Essa cobertura morta pode advir de diversos materiais como capim, palha seca, bagaço de cana, etc. Essa técnica proporciona diferentes vantagens ao solo e às plantas influenciando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além de proporcionar boas condições para o desenvolvimento do sistema radicular, a cobertura morta mantém a superfície do solo sem a formação de crosta (superfície endurecida), evita a evaporação da água da chuva ou da irrigação, reduz a erosão em solos inclinados, diminui a temperatura do solo no verão e, ainda, economiza capinas devido à menor incidência de plantas espontâneas e também reduz a necessidade de fazer escarificações (FAVARATO et al., 2017).

Para Silva (2015), a cobertura morta pode proporcionar na proteção das plantas das adversidades do clima (chuvas torrenciais, temperaturas elevadas e frio), desfavorece o aparecimento de pragas e doenças; a cobertura do solo ao reduzir o contraste entre a cor verde da planta e a cor do solo (palha seca, casca de arroz e serragem) diminui a incidência de

pulgões. E Santos et al. (2012) destacam como potencial para o uso da cobertura morta contribui para no alto teor de umidade do solo, o fácil controle de plantas daninhas, a elevada fertilidade do solo e a baixa temperatura do solo.

Segundo Meneses et al. (2016), para otimizar a produção agrícola e a sustentabilidade ambiental, pode-se usar a cobertura do solo com casca de arroz, bagana de carnaúba, capim ou raspa de madeira, entre outros. Em estudo realizado por Freitas et al. (2004) observaram-se reduções da evaporação de água no solo na presença de cobertura morta. Para Carvalho et al. (2011), é recomendável se utilizar a cobertura morta por favorecer ao manejo da irrigação, com um uso mais eficiente da água. Principalmente, em regiões semiáridas que sofrem com o déficit hídrico.

Os benefícios da cobertura morta do solo têm ganhado destaque na obtenção de manejos agrícolas mais sustentáveis. O uso da palha proporciona reduções nas taxas de evapotranspiração e aumento da umidade do solo, sendo muito útil em regiões semiáridas com altas temperaturas e baixas umidades do solo presentes, favorecendo, para as plantas com a elevada demanda de água (OLIVEIRA et al., 2003).

Ainda como vantagens da cobertura morta no solo podem-se destacar a redução do impacto das gotas da chuva, melhoria na capacidade de fornecimento de água para as culturas, proporcionando maior infiltração da água no solo e menor evaporação. Além disso, a cobertura morta pode ser utilizada em todos os tipos de solo, de climas e em culturas perenes (OLIVEIRA et al., 2003; SANTOS et al., 2012; SOUSA et al., 2017).

A cobertura morta auxilia na retenção de água no solo mantendo-o úmido por mais tempo, impedindo oscilações da temperatura e proporcionando menor evaporação da água armazenada no solo. Assim, é viável na utilização da cobertura morta no sistema de rotação de plantas, principalmente na agricultura familiar pelo fator econômico (SANDRI et al., 2007; BIZARI et al., 2009; FARIAS et al., 2015).

O ciclo de desenvolvimento da cultura do milho é dividido em três períodos distintos: uma fase vegetativa, uma fase reprodutiva e uma fase de formação e enchimento de grãos. A cobertura morta fornece a fonte de nutrientes para o crescimento das plantas e promove, protege e mantém o ecossistema do solo (MACÊDO, 2007). A cobertura morta do solo é um componente-chave da boa estrutura, aumenta a retenção de água e de nutrientes, é a fonte de alimento para os microrganismos do solo e fornece proteção mecânica importante para a superfície (BERNARDON, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características climáticas da área experimental

O trabalho foi desenvolvido no período de setembro a dezembro de 2018, na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, UFC, Campus do Pici, Fortaleza, CE (Figura 1), localizada nas coordenadas geográficas $3^{\circ}44'45''\text{S}$ e $38^{\circ}34'55''\text{W}$ e 19,5 metros acima do nível do mar.

De acordo com Köppen, o clima local é classificado como Aw' , ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono, com médias anuais registradas entre o período de 1971 a 2010 de: precipitação, 1.523 mm; temperatura, $26,9^{\circ}\text{C}$; umidade relativa do ar, 69%; e evapotranspiração, 1.747 mm.

Figura 1 – Localização do experimento.



Fonte: Google (2018).

Tabela 1 – Dados mensais de temperaturas do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e da velocidade do vento (Vv) a 2,0 m de altura.

Mês	T (°C)	UR (%)	Vv (m.s)
Agosto	27,0	72,0	3,6
Setembro	27,2	76,0	4,0
Outubro	27,9	70,0	4,0
Novembro	28,4	70,0	3,9
Dezembro	27,6	78,0	3,1
Média	27,6	73,2	3,7

4.2 Delineamento experimental

Para a condução do experimento utilizou-se um delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, 5 x 4 x 4, referentes a 5 lâminas de irrigação (25%; 50%; 75%; 100% e 125% da Evapotranspiração do consórcio - ETc) e 4 coberturas vegetais mortas do solo (casca de arroz; bagana de carnaúba; mista - casca de arroz + bagana de carnaúba; sem cobertura morta), com 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais.

A área útil de cada subparcela foi de 4 m² (2 x 2 m), com duas linhas de cultivo com milho e feijão alternados nas mesmas e com área da parcela de 16 m² (8 x 2 m). As bordaduras também tinham duas linhas com milho e feijão. A área total do experimento foi de 396 m² (22,0 x 18,0 m), figura 2.

Figura 2 – Croqui do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Condução do consórcio

Inicialmente, coletaram-se amostras do solo da área experimental, na camada de 0 – 20 cm, e realizou-se uma análise das mesmas em laboratório de solos da Universidade Federal do Ceará, tendo sido o mesmo caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo, com textura areia franca, através da EMBRAPA (2013). Os atributos químicos obtidos a partir da análise podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise do solo da área experimental.

CT	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺
			Mmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
Areia	1	1	0,13	0,99	0,05	0,88
PST (%)	pH	C.E.	P	C	N	
		dS dm ⁻¹		g/kg		
4	7,1	0,55	10,3	1,71	0,48	

A cultivar de feijão caupi utilizada foi a Marataoã e a do milho a Crioula. Antes do plantio foi realizada uma aração e uma gradagem. As fileiras com plantas foram espaçadas de 1,0 m e, nestas, alternaram-se covas de milho e de feijão espaçadas a cada 0,5 m. O plantio foi realizado semeando-se 4 sementes por cova para o consórcio, após 10 DAG, realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por cova.

As adubações em cobertura foram aplicadas por cova de todos os tratamentos, conforme a análise e a recomendação do Manual de Adubação e calagem para o estado do Ceará, com os seguintes adubos: ureia (300 kg); superfosfato simples (300 kg) e cloreto de potássio (34 kg).

O controle de pulgões e de lagartas foi realizado através de pulverizações semanais, realizadas no período da manhã, tendo sido aplicado o produto Lannate® BR. Além disso, foram realizadas capinas com o auxílio de enxada para todas as coberturas e evitar a concorrência com plantas daninhas.

4.4 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, o espaçamento entre os emissores de 1 mm e dimensionando-se o(s) gotejador(es) por planta conforme Tabela 2. A distribuição das linhas de gotejadores em campo pode ser observada na Figura 3. O sistema de irrigação foi composto por uma caixa d'água com capacidade de 5000 litros, um conjunto moto bomba de 1,5 cv, uma tubulação principal com quatro tubulações secundárias de 50 mm PN40.

Tabela 3 - Vazões utilizadas por tratamento.

Lâmina de irrigação	Gotejadores (L h ⁻¹)		
	2,0	4,0	Vazão total
25%	X		2,0
50%		X	4,0
75%	X	X	6,0
100%		XX	8,0
125%	X	XX	10,0

Figura 3 - Distribuição das linhas de gotejadores em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente, levou-se o solo para a condição de capacidade de campo. Depois, para se calcular o tempo de irrigação (Equação 3) utilizaram-se dados da Evapotranspiração de referência (Equação 1) e da Evapotranspiração do consórcio (Equação 2).

$$ET_o = ECA * K_p \quad (1)$$

Em que:

ET_o - Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

ECA - Evaporação medida no tanque classe A (mm dia⁻¹), Figura 4;

Kp - Coeficiente do tanque (adimensional, tabelado), Oliveira et al. (2005).

Figura 4 – Tanque classe A instalado próximo ao experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (2)$$

Em que:

ETc – Evapotranspiração do consórcio (mm dia⁻¹);

ETo - Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

Kc – Coeficiente da cultura, no caso do consórcio (adimensional).

Os valores de coeficientes de cultivo do consórcio, Kc, utilizados variaram de 0,9 a 1,2, conforme proposição de Souza et al. (2015).

E, o tempo de irrigação:

$$Ti = 60 \times \frac{f \cdot ETc \cdot Ap \cdot Fr}{Ea \cdot qi} \quad (3)$$

Em que:

Ti – Tempo de irrigação (minutos);

f – Fator de ajuste dos regimes de irrigação (0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,25, adimensionais);

ETc – Evapotranspiração do consórcio (mm dia⁻¹);

Ap – Área de ocupada por cada planta (0,5 m²);

Fr – fator de redução em função da projeção das plantas (adimensional);

Ea – Eficiência do sistema de irrigação (adimensional);

qi – Vazão por tratamento (L h⁻¹), Tabela 2.

Tabela 4 – Ocorrência de precipitação ao longo do experimento.

Mês	ECA (mm)	P (mm)
Setembro	262,1	3,3
Outubro	255,3	5,4
Novembro	275,2	5,0
Dezembro	239,4	258,9
Total	1032,0	272,6

Tabela 5 – Lâmina total aplicada no período do experimento.

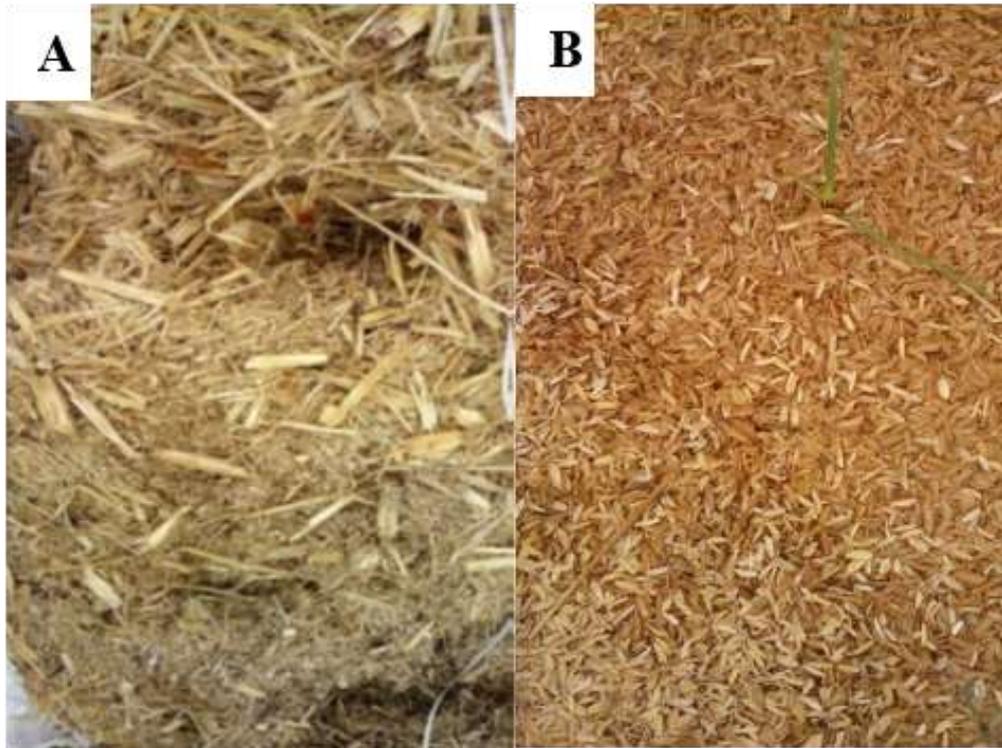
Mês	Fator de ajuste				
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	Lâmina aplicada (mm)				
Setembro	42,02	84,05	126,07	168,09	210,12
Outubro	41,42	82,85	124,27	165,70	207,12
Novembro	54,35	108,70	163,05	217,40	271,76
Dezembro	127,94	255,89	383,83	511,78	639,72
Total	265,74	531,49	797,23	1062,97	1328,72

Os valores do fator de redução, Fr, utilizados variaram de 0,5 a 1,0, conforme o desenvolvimento de consórcio.

4.5 Coberturas vegetais mortas no solo

As coberturas utilizadas foram casca de arroz, bagana de carnaúba, mista - casca de arroz + bagana de carnaúba, e sem cobertura morta no solo. As coberturas foram postas logo após o plantio, procurando-se deixar uma altura de 5 cm em toda a área útil da subparcela (Figuras 5, 6 e 7).

Figura 5 – Coberturas vegetais mortas: bagana de carnaúba (A) e casca de arroz (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Subparcelas experimentais com coberturas de bagana de carnaúba (A), casca de arroz (B) e mista (C).



Figura 7 – Subparcela sem cobertura morta.



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6 Variáveis analisadas.

Ao atingir aos 120 DAS, realizou-se a colheita, as culturas constituintes do consórcio.

4.7.1 Variáveis analisadas no Feijão-caupi

Em laboratório, determinou-se o número de vagens por planta (NVP), a massa das vagens (MV), o comprimento das vagens (CV), o número de grãos por vagem (NGV) e a produtividade (Prod) do feijoeiro.

O número de vagens foi obtido a partir do somatório da contagem manual em todas as plantas de feijão (4) de cada subparcela, dividido por 4.

A massa das vagens foi determinada pesando-se as vagens com o auxílio de balança de precisão, Figura 08, sendo quantificada conforme descrição para o número de vagens.

Figura 8 – Quantificação das massas das vagens (MV).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O comprimento das vagens foi determinado a partir de uma régua graduada em centímetros, selecionando-se aleatoriamente cinco vagens por subparcela. Em seguida, obteve-se a média do comprimento das mesmas.

Do mesmo modo, o número de grãos por vagem foi quantificado manualmente, a partir das cinco vagens selecionadas por subparcela para se obter a média.

A produtividade, em kg ha^{-1} , foi estimada a partir da quantificação da equação abaixo:

$$Prod = \frac{\text{Massa dos grãos (g)} \times \text{Número de plantas por hectare}}{1000}$$

Figura 9 - Quantificação do peso dos grãos por planta.



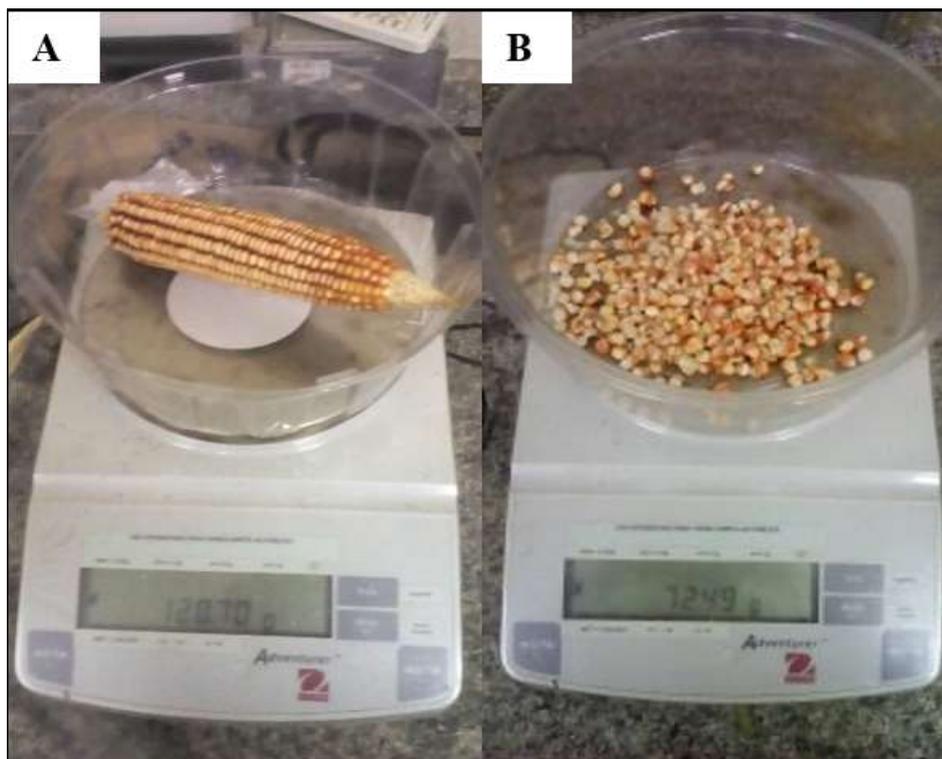
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7.2 Variáveis analisadas no Milho

Determinou-se a massa da espiga com palha (MECP), a massa da espiga sem palha (MESP), a massa do sabugo (MS), o comprimento da espiga sem palha (CE), o diâmetro da espiga sem palha (DE) e a produtividade da cultura (Prod).

Após a colheita, realizou-se as pesagens das espigas de milho, com palha e sem palha, Figura 10, e dos sabugos de todas as 4 plantas por subparcela, utilizando-se uma balança de precisão. Em seguida, calculou-se a massa média dessas variáveis.

Figura 10 – Massa da espiga sem palha (a) e massa dos grãos (b) do milho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O comprimento da espiga (CE) foi determinado utilizando-se uma régua graduada em cm e o diâmetro da espiga (DE) foi determinado utilizando-se um paquímetro digital.

A produtividade do milho (Prod.) em kg ha⁻¹ foi estimada através da equação abaixo.

$$Prod = \frac{Massa\ dos\ grãos\ (g) \times\ Número\ de\ plantas\ por\ hectare}{1000}$$

4.8 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (Anova). Os dados quantitativos, referentes as lâminas de irrigação, quando significativos pelo teste F, foram submetidos a análise de regressão utilizando-se o nível de 1 ou 5% (P < 0,01 ou 0,05). Para os dados qualitativos, referentes as coberturas vegetais mortas, realizaram-se testes de médias (Tukey, ao nível de 5%).

Quando significativa, para as interações entre os dados quantitativos x qualitativos realizaram-se os gráficos de interação. Os dados foram processados com o auxílio do Excel e do programa Assisat 7.7 BETA (SILVA; AZEVEDO, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O feijão-caupi

O resumo da análise da variância, para as variáveis analisadas com o feijão-caupi encontra-se na Tabela 2. Nesta, se pode observar que a interação entre os fatores (lâminas e coberturas) foi significativa para as variáveis massa das vagens (MV), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade do feijão-caupi (Prod.) a 1% de probabilidade pelo teste F. Não sendo observada interação significativa para o comprimento das vagens.

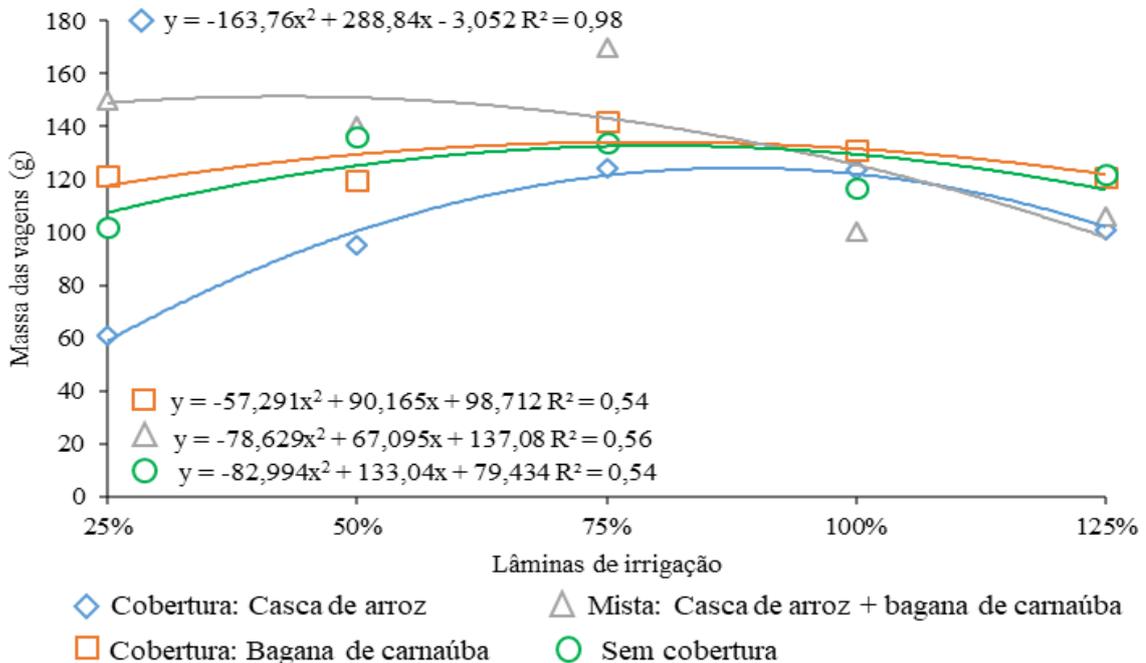
Tabela 6 - Resumo da análise de variância, para o quadrado médio, das variáveis comprimento da vagem (CV), massa das vagens (MV), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade do feijão-caupi (Prod.), cultivado em consórcio com o milho, submetidos a diferentes lâminas de irrigação em função das coberturas vegetais mortas.

FV	GL	Quadrado Médio		
		CV	MV	NVP
Lâmina (L)	4	0,16ns	3432,71**	90,13**
Resíduo (A)	12	0,49	189	2,15
Cobertura (C)	3	0,49ns	3668,00*	39,12**
Resíduo (B)	45	0,31	161,61	2,65
LxC	12	0,48ns	1692,12**	56,22**
C.V. (L) (%)	-	3,64%	11,67%	6,24%
C.V. (C) (%)	-	2,90%	10,78%	6,93%
		Quadrado Médio		
		NGV	Prod. (kg ha ⁻¹)	
Lâmina (L)	4	0,69ns	1880624,38**	
Resíduo (A)	12	0,85	229095,52	
Cobertura (C)	3	0,51ns	1671189,16**	
Resíduo (B)	45	0,3	135527,8	
LxC	12	1,22**	2179415,87**	
C.V. (L) (%)	-	5,51%	12,54%	
C.V. (C) (%)	-	3,27%	9,64%	

Fonte: elaborada pelo autor. FV: fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: Coeficientes de variação ns: não significativo, ** e * significativa a 0,01 e 0,05 pelo teste de F, respectivamente.

Os tratamentos com a casca de arroz, com a bagana de carnaúba, com a cobertura mista e sem cobertura obtiveram o máximo desempenho para com a massa das vagens com as lâminas de irrigação de 88% (da ETc) com 124,31 g; 79% (da ETc), com 134,19 g; 43% (da ETc) com 151,4 g e 80% (da ETc) com 132,75 g, respectivamente.

Figura 11 – Massa das vagens (MV) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Pelos baixos valores da massa das vagens podem estar relacionados pelo excesso de lâminas de irrigação aplicados superior 100% (da ETc), esse processo pode ser influenciado pela infiltração dos nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta para a camada de 0-20 cm.

A variação da massa das vagens (MV) apresentou tendência polinomial em função das lâminas, para todas as coberturas vegetais mortas, Figura 11. De um modo geral, as massas das vagens foram superiores a 100,0 g, nas lâminas máximas. Bezerra et al. (2017), avaliando o desempenho agrônômico de seis variedades de feijão-caupi crioulos na região do Cariri cearense, observaram valores próximos de 127 g aos deste trabalho.

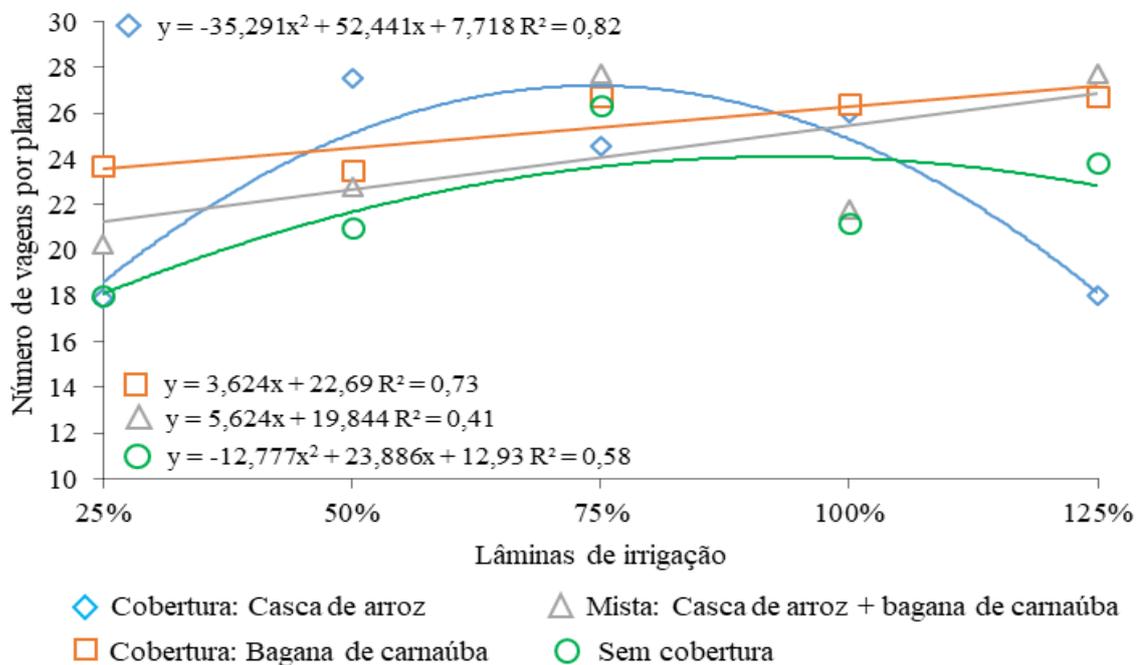
Resposta próxima foi encontrada por Francelino (2018) que, trabalhando com o consórcio feijão-caupi e milho, observaram que o aumento da lâmina aplicada resultou em maiores massas das vagens (MV), sendo que a lâmina de irrigação de 125% (da ET_o) proporcionou uma massa média de 122,70 g.

Os menores valores observados na massa das vagens (MV), observados que as maiores lâminas de irrigação podem ter ocorrido pela demora a se decompor e disponibilizar seus nutrientes. Entretanto, observou-se que os valores significativos para as menores lâminas de irrigação com a cobertura mista e com a bagana de carnaúba apresentaram respostas positivas. Isso comprova comentário de Ferreira et al. (2015), a cobertura morta aplicada na

superfície do solo é muito importante para as regiões áridas e semiáridas, pois esta prática mantém o solo úmido por mais tempo favorecendo o desenvolvimento da cultura. Mas, para Neutzling (2018), a influência na redução do crescimento da massa das vagens esteja relacionada às altas temperaturas do período, associadas à menor capacidade de retenção de água para as coberturas vegetais mortas como a casca de arroz, aumentando-se a frequência de irrigação.

As variações do número das vagens por planta (NVP) em função das coberturas vegetais mortas estão apresentadas na Figura 12. A cobertura com casca de arroz possibilitou ponto máximo para número de vagens por planta, 27, com a lâmina de irrigação equivalente a 74% (da ETc). E, as coberturas vegetais mortas com bagana de carnaúba e mista apresentaram tendência linear crescente para o NVP, na medida em que se aumentaram as lâminas de irrigação para número de vagens por planta, 26,75 e 27,7; com a lâmina de irrigação equivalente a 125% (da ETc).

Figura 12 – Número de vagens por planta (NVP) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De um modo geral, o NVP para o tratamento sem cobertura morta tendeu a ser inferior aos obtidos com os tratamentos com cobertura. Cruz et al. (2017), avaliando o feijão-mungo sob diferentes tipos de coberturas vegetais mortas: casca de arroz, palha de milho,

raspa de madeira e testemunha em Baturité - CE, encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho, em que o NVP aumentou significativamente em até 50%, comparado com a testemunha sem cobertura, ressaltando a viabilidade da utilização da cobertura morta como casca de arroz e que as demais não apresentaram aumento em relação a casca de arroz.

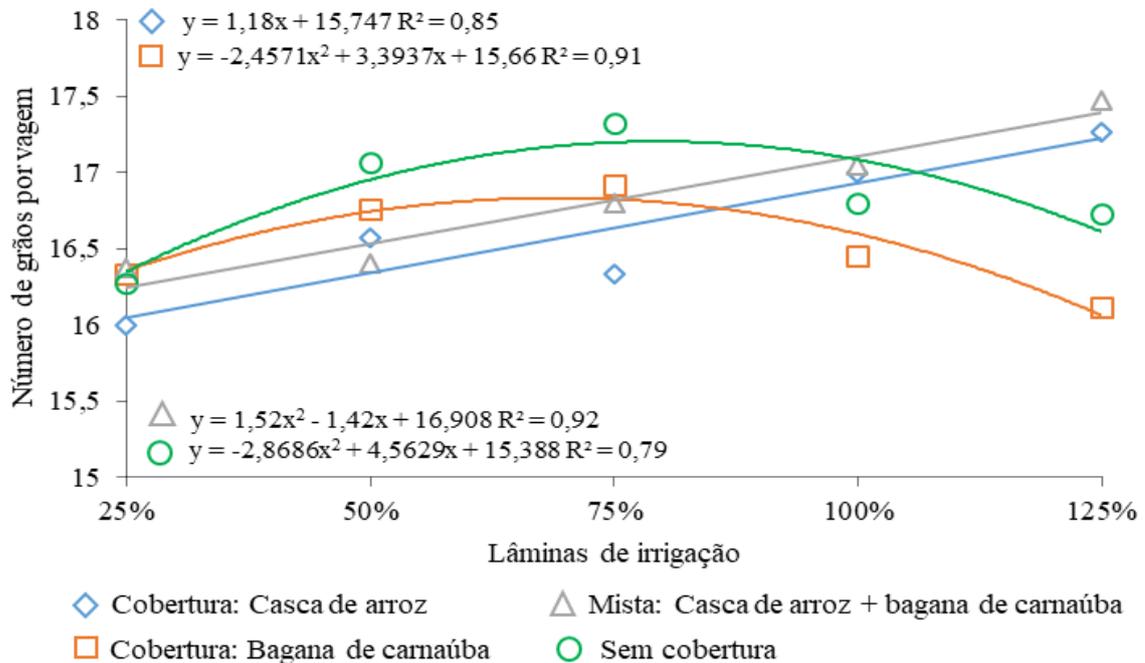
Nesse trabalho, foram encontrados valores de NVP igual a 27 com a cobertura com casca de arroz. Ao contrário do encontrado por Locatelli et al. (2014) que, avaliando os componentes de produção em três cultivares do feijão-caupi sob lâminas de irrigação cultivado sobre palhada, observaram incremento positivo para a lâmina de irrigação, entretanto, atingindo somente 12 vagens por plantas com a lâmina de 108,6% da ETo sob palhada com cobertura.

Para Vieira (2018), o nutriente carbono é um dos componentes importante da cobertura casca de arroz, e pode potencializar e também fornecer nutrientes essenciais para as plantas e indica que para ser eficiente o material como a cobertura vegetal morta, e deverá proporcionar em mistura com outros materiais mais ricos em nutrientes, como a bagana carnaúba que favoreceu no rendimento do número de vagens por planta (Figura 12).

Dados do NVP, utilizando cobertura morta ou sem cobertura para o consórcio neste trabalho, foram semelhantes aos encontrados pelo Francelino (2018), no estudo dos efeitos das lâminas de irrigação nos monocultivos e no consórcio feijão-caupi com o milho em Tocantins. Os autores observaram que o NVP atingiu 21,34 e 28,88 vagens por planta, para as lâminas de irrigação de 100% e 125% (da ETc) em solo nu, respectivamente.

Pode-se observar que na Figura 13, as variações da interação do número de grãos por vagem (NGV) do feijão-caupi. A cobertura com casca de arroz e a mista possibilitaram melhores modelo linear com a lâmina de irrigação a 125% (da ETc) atingindo 17,26 e 17,47, respectivamente. E, as coberturas vegetais mortas com bagana de carnaúba e sem cobertura apresentaram ponto máximo com 16,83 e 17,20 para as lâminas de irrigação equivalente a 69% e 79% (da ETc).

Figura 13 – Número de grãos por vagens (NGV) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



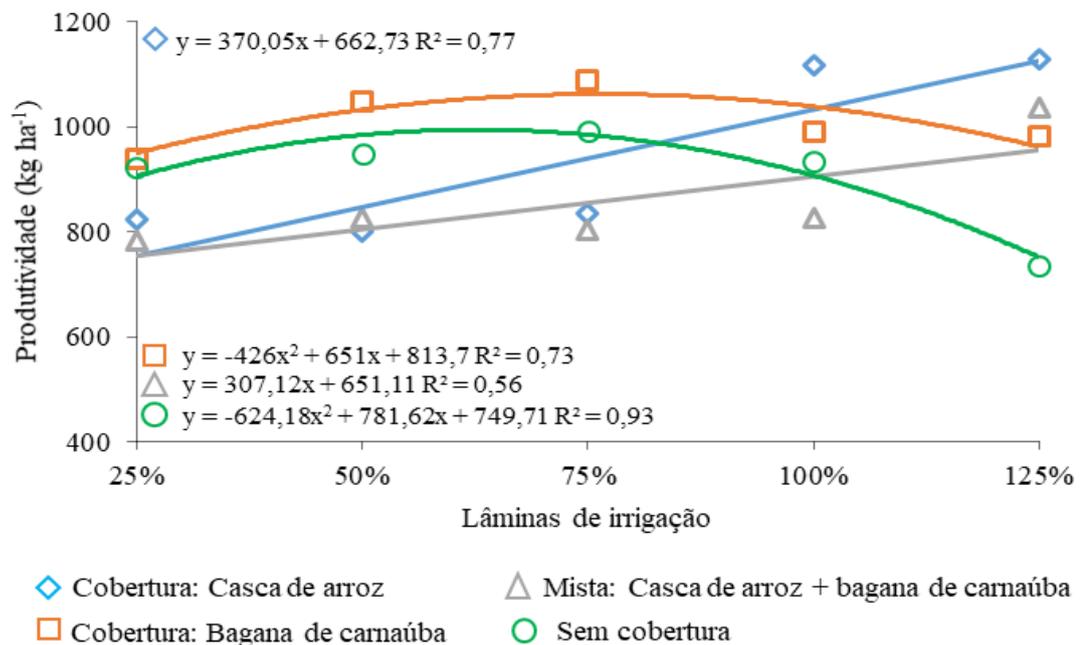
A cobertura casca de arroz contém componentes essenciais para potencializar a produtividade de grãos do feijão-caupi na base dos nutrientes como o potássio e o fósforo, exercendo na sua imobilidade no solo e a adsorção por partículas do solo.

Os valores dos números de grãos por vagem obtidos superaram os de Locatelli (2014) que, avaliando os componentes do feijão-caupi sob lâminas de irrigação de 30% a 150% (da ETo) sob palhada em Roraima, relataram que as lâminas de irrigação não interferiram no número de grãos por vagem (NGV), observando que o maior NGV foi de 13,8, trabalhando com a cultivar BRS Pajeú. Bem como, em relação aos valores encontrados por Dutra et al. (2015), avaliando os componentes de feijão-caupi cultivado sob lâminas hídricas de 40% a 100% (da ETo) no semiárido paraibano com a cultivar BRS Maratoã, que encontraram 11,30 grãos por vagem, para a maior lâmina, de 100% (da ETo). Já Francelino (2018), trabalhando com consórcio milho e feijão em Tocantins, encontrou NGV de 17,37 para a lâmina de irrigação equivalente a 125% (da ETc).

As variações da produtividade (prod.) do feijão-caupi, cultivado em sistema de consórcio com milho, irrigado com diferentes lâminas de irrigação e submetido a diferentes coberturas vegetais mortas estão apresentadas na Figura 14. A maior produtividade do feijão-caupi de 1127,78 kg ha⁻¹ foi obtida com o uso da cobertura casca de arroz, com uma lâmina de irrigação equivalente a 125% (da ETc). A maior produtividade obtida quando se usou a

bagana de carnaúba foi de 1062,4 kg ha⁻¹, sob uma lâmina de 76% (da ETc). Para o tratamento sem cobertura morta, a maior produtividade média foi de 994,4 kg ha⁻¹, com uma lâmina de irrigação equivalente a 63% (da ETc). E para maior produtividade do feijão-caupi de 1038,0 kg ha⁻¹ foi obtida com o uso da cobertura mista, com uma lâmina de irrigação equivalente a 125% (da ETc).

Figura 14 – Produtividade (Prod.) do feijão-caupi cultivado, em sistema de consórcio com milho, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para Ferreira et al. (2010) e Azevedo et al. (2011), avaliaram a produtividade dos grãos do feijão sob diferentes lâminas de irrigação, e observaram que com a lâmina de irrigação equivalente a 100% (da ETc) obtiveram a produtividade de 901,13 kg ha⁻¹ e 2.251 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tais resultados mostram que ao se usar cobertura morta na superfície do solo é possível ter aumento de rendimentos agrícola devido ao maior armazenamento de água no solo causado pela redução na evaporação direta da água (BIZARI *et al.*, 2011).

Além disso, nos tratamentos com uso de cobertura morta houve baixa incidência de plantas espontâneas, o que favoreceu a cultura devido à redução da concorrência por luz, água, nutrientes etc. Os melhores resultados para o tratamento com casca de arroz devem-se à sua decomposição mais rápida que os demais, devido à sua baixa relação C/N, incorporando

seus nutrientes mais rapidamente no solo e favorecendo dessa maneira o enchimento dos grãos, sendo esse resultado semelhante aos obtido por Cruz *et al.*, (2017).

Em resultado semelhante aos obtidos com as coberturas casca de arroz e mista, Dutra *et al.* (2015), avaliando a mesma cultivar, a BRS Maratã, sob diferentes lâminas de irrigação no semiárido paraibano, observaram que a produtividade dos grãos aumentou linearmente, tendo obtido com a lâmina de irrigação equivalente a 100% da ETo uma produtividade de 1.699,1 kg ha⁻¹. Para os autores, o uso da irrigação adequada realizado principalmente nas fases de florescimento e de enchimento dos grãos de feijão-caupi, associado ao emprego de genótipos mais produtivos, contribuiu para o aumento na produtividade. E Andrade Júnior *et al.* (2002), analisando níveis de irrigação com a cultura do feijão-caupi no Piauí, verificaram que o componente de produção com maior variabilidade positiva ao aumento da produtividade de grãos foi o número de vagens por planta.

5.2 Milho

Com a cultura do milho, diferentemente do que se observou no feijão-caupi, pode-se verificar na Tabela 3 que houve interação significativa a 1% de significância entre os fatores lâminas e coberturas do solo para todas as variáveis analisadas: comprimento da espiga (CE), massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), massa do sabugo (MS), diâmetro da espiga (DE) e produtividade (Prod.).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância, para o quadrado médio, das variáveis comprimento da espiga (CE), massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), massa do sabugo (MS), diâmetro da espiga (DE) e produtividade (Prod.) do milho cultivado em consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.

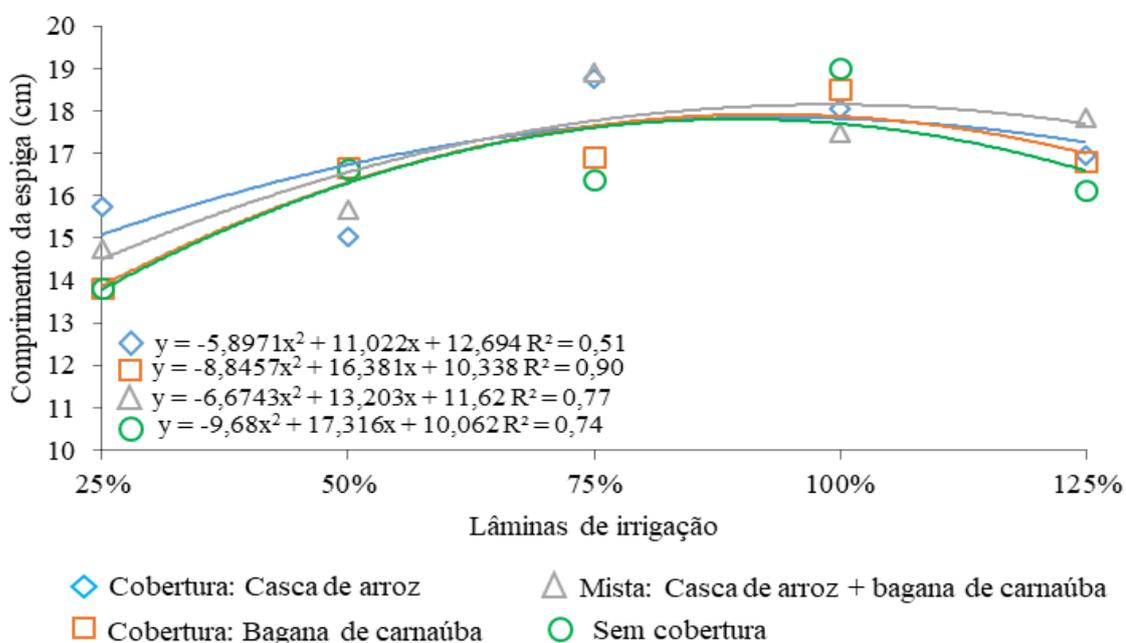
FV	GL	Quadrado Médio		
		CE	MECP	MESP
Lâmina (L)	4	52,89**	1114,27**	283,26**
Resíduo (A)	12	0,98	52,77	20,17
Cobertura (C)	3	2,29ns	1073,389**	688,35**
Resíduo (B)	45	1,35	111,33	84,73
LxC	12	11,57**	1073,39**	688,35**
C.V. (L) (%)	-	6,04%	8,24%	8,19%
C.V. (C) (%)	-	7,06%	11,97%	16,79%
		Quadrado Médio		
		MS	DE	Prod. (kg ha ⁻¹)
Lâmina (L)	4	111,99**	48,73ns	1503713,75**
Resíduo (A)	12	6,46	6,88	16646,04

Cobertura (C)	3	102,37**	90,74**	1214253,31**
Resíduo (B)	45	10,38	3,04	72240,91
LxC	12	68,44**	7,63*	777750,50**
C.V. (L) (%)	-	11,95%	8,06%	7,53%
C.V. (C) (%)	-	15,15%	5,36%	15,69%

Fonte: elaborada pelo autor. FV: fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: Coeficientes de variação ns: não significativo, ** e * significativa a 0,01 e 0,05 pelo teste de F, respectivamente

Os valores médios obtidos para o comprimento das espigas nas subparcelas com coberturas com arroz, bagana de carnaúba e mista e nas sem cobertura apresentaram tendencial polinomial quadrática, em função das lâminas de irrigação, atingindo os maiores comprimentos com as lâminas de irrigação equivalentes a 93% (da ETc) com 17,84 cm, 92% com 17,92 cm, 99% com 18,15 cm e 89% com 17,80 cm, respectivamente, Figura 15. Nas lâminas máximas, o comprimento da espiga (CE) ficou em torno de 17 cm, assim sendo, dentro do recomendado para a comercialização, pois segundo Paiva Junior et al. (2001) o comprimento da espiga de 15 cm ou superior está no padrão de comercialização do milho.

Figura 15 – Comprimento da espiga (CE) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

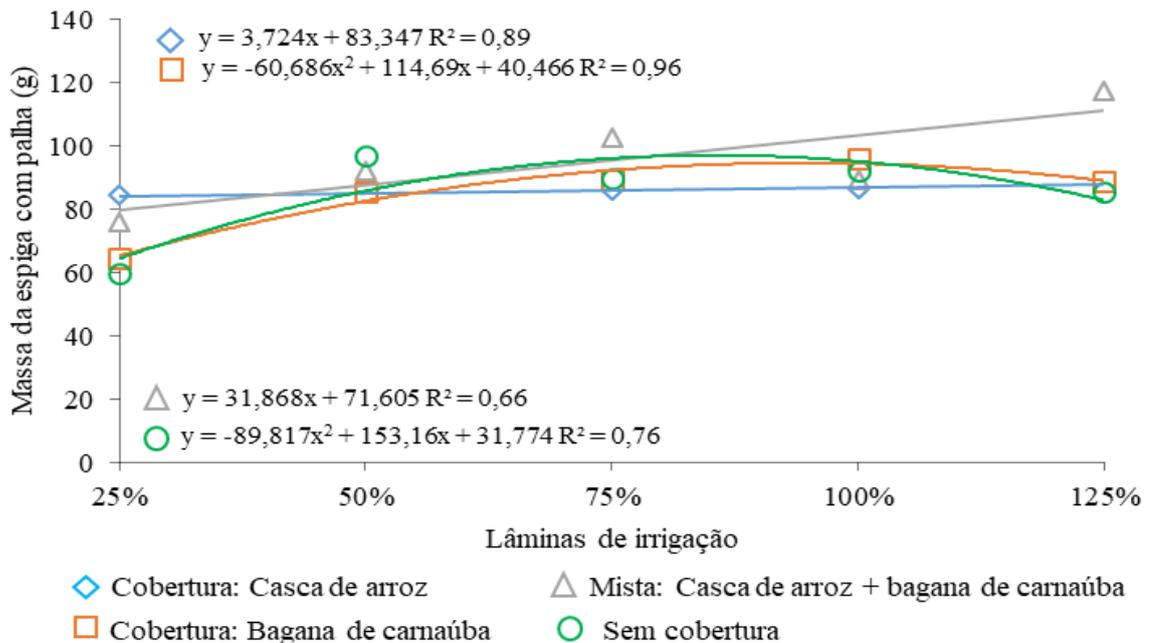
Esses resultados foram próximos dos observados por Lima et al. (2016) que, estudando plantas de milho irrigadas em consórcio com feijão, obtiveram comprimento da espiga de 16,50 cm. Avaliando o rendimento do milho sob as lâminas e salinidades da água de irrigação, Costa et al. (2015) relataram que o comprimento da espiga não se ajustou a nenhum

modelo, tendo sido o tamanho máximo de 18,12 cm obtido com a lâmina equivalente a 110% (da ETc). Estes, o comprimento também atingiu o valor comercial. Diferentemente dos obtidos por Almeida et al. (2015) e Barbosa et al. (2017) que, avaliando a produtividade do milho sob lâminas de irrigação, observaram comprimentos máximos de 12,83 e 12,63 cm, respectivamente, para as lâminas 100% e 125% da ETc.

A redução do comprimento da espiga nas menores lâminas pode estar relacionada com a redução de fotoassimilados disponíveis para a planta, ocasionando, assim, menor translocação de nutrientes para a formação das espigas, conseqüentemente, menor tamanho das mesmas. A deficiência da umidade do solo ou nos nutrientes pode limitar o potencial das sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas (MAGALHÃES, 2002).

Para a massa da espiga com palha (MECP), o modelo que melhor respondeu foi do tipo quadrático para as coberturas com bagana de carnaúba e sem cobertura, atingindo os pontos máximos e 94% (da ETc) com 95,1 g de massa e 85% com 97,1 g, respectivamente, Figura 16. Já com as coberturas vegetais mortas casca de arroz e mista, se observaram ajustes ao modelo linear, com ligeiro aumento da MECP para a lâmina de irrigação de 125% (da ETc) com 88,59 g e 117,39 g, respectivamente.

Figura 16 – Massa da espiga com palha (MECP) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



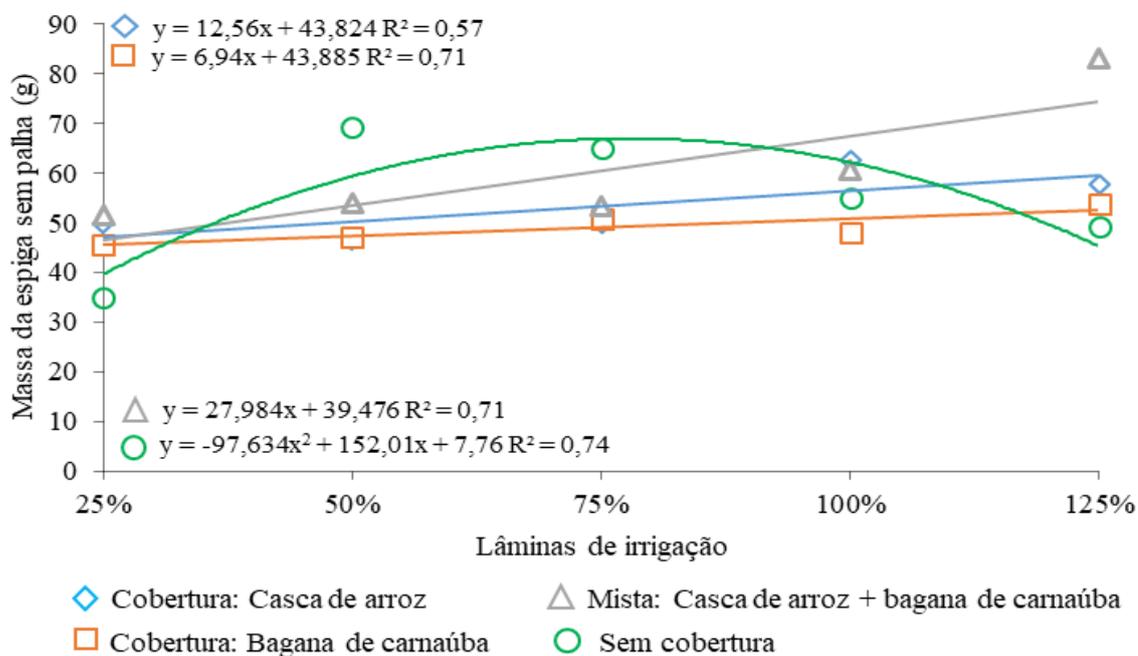
Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesquita (2014) encontraram tendência semelhante a do presente trabalho, em que o peso aumentou de acordo com quantidade de água aplicada. Entretanto, o valor máximo encontrado pelos autores foi de 158 g, superior ao do presente trabalho, para a lâmina de irrigação equivalente a 128,4% da ETo. Já Francelino (2018), avaliando o consórcio sob diferentes lâminas de irrigação, obtiveram para a massa da espiga com palha resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, atingindo 95,30 g com a lâmina de irrigação de 50% (ETc). Para Oliveira et al. (2012), analisando a cultura do milho em função de lâminas de irrigação, verificaram que o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o polinomial, sendo 112 g o maior valor da massa da espiga com palha obtido com a lâmina equivalente a 131% (da ETo).

O fator da cobertura casca de arroz e a mista, pode ter sido demonstrado que temperaturas mais amenas resultam no feijão-caupi pelas quantidades de massas das espigas sem palha mais intensa e associadas com uma boa disponibilidade e distribuição de água no perfil do solo.

Na Figura 17, pode se observar que a interação (lâminas x coberturas vegetais mortas), quanto aos valores da massa da espiga sem palha (MESP), se ajustou melhor ao modelo linear crescente para as coberturas vegetais mortas casca de arroz, bagana de carnaúba e mista para a lâmina de irrigação 125% (da ETc) com 57,62 g, 53,85 g e 83,03 g, respectivamente. Já quando não se utilizou cobertura, o melhor ajuste ocorreu com um modelo polinomial quadrático, sendo o maior valor de 66,92 g para uma lâmina equivalente a 78% (da ETc).

Figura 17 – Massa da espiga sem palha (MESP) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O aumento das lâminas com o uso das coberturas vegetais mortas proporcionou crescimentos significativos para a variável MESP. Em conformidade com Macêdo (2007) que relataram que o efeito da cobertura morta bagana de carnaúba contribuiu na proteção da superfície do solo, na conservação da umidade do solo e reduziu o estresse hídrico.

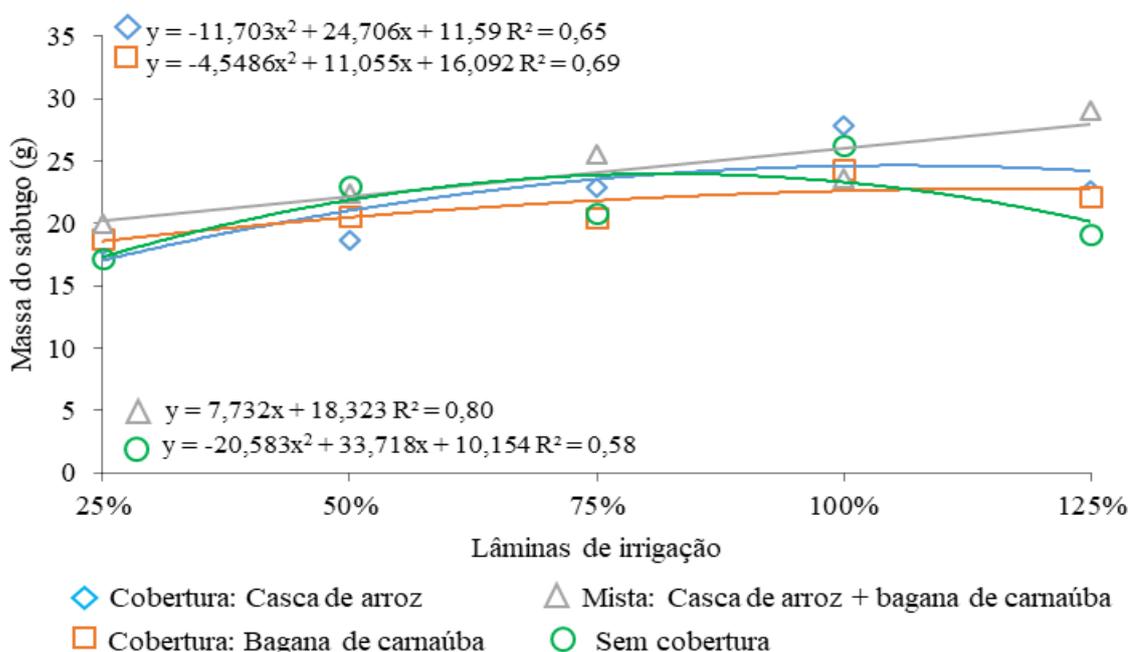
Tendências semelhantes as deste trabalho foram relatadas por Souza et al. (2014), utilizando as mesmas culturas sob diferentes disponibilidades hídricas no semiárido, que constataram que na medida em que aumentaram as lâminas de irrigação ocorreu elevação das massas de espiga sem palha, tendo obtido 129 g com a maior lâmina de irrigação, 125%. Do mesmo modo, Blanco et al. (2011), avaliando a massa da espiga sem palha em consórcio milho e feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo, obtiveram a maior massa média das espigas com a maior lâmina de irrigação de 644 mm.

Observa-se a baixa rendimento do comportamento da cobertura bagana de carnaúba, e isso, provavelmente devido a uma menor disponibilidade de nutrientes principalmente o nitrogênio que está intimamente relacionado ao aumento da MESP das plantas do milho e também a uma menor retenção de água.

Observou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para a massa média dos sabugos (MS) resultada das subparcelas com coberturas de casca de arroz e de bagana de carnaúba e nas sem cobertura, sendo as lâminas e massas máximas de 105% (da

ETc) com 24,6 g, de 121% com 22,8 g e de 82% com 24,0 g, respectivamente, Figura 18. Já quando se utilizou a cobertura morta mista, os valores da massa dos sabugos em função das lâminas de irrigação se ajustaram melhor ao modelo linear, com incremento positivo na medida que atinge a lâminas de irrigação 125% (da ETc) com 29,03 g.

Figura 18 – Massa do sabugo (MS) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.

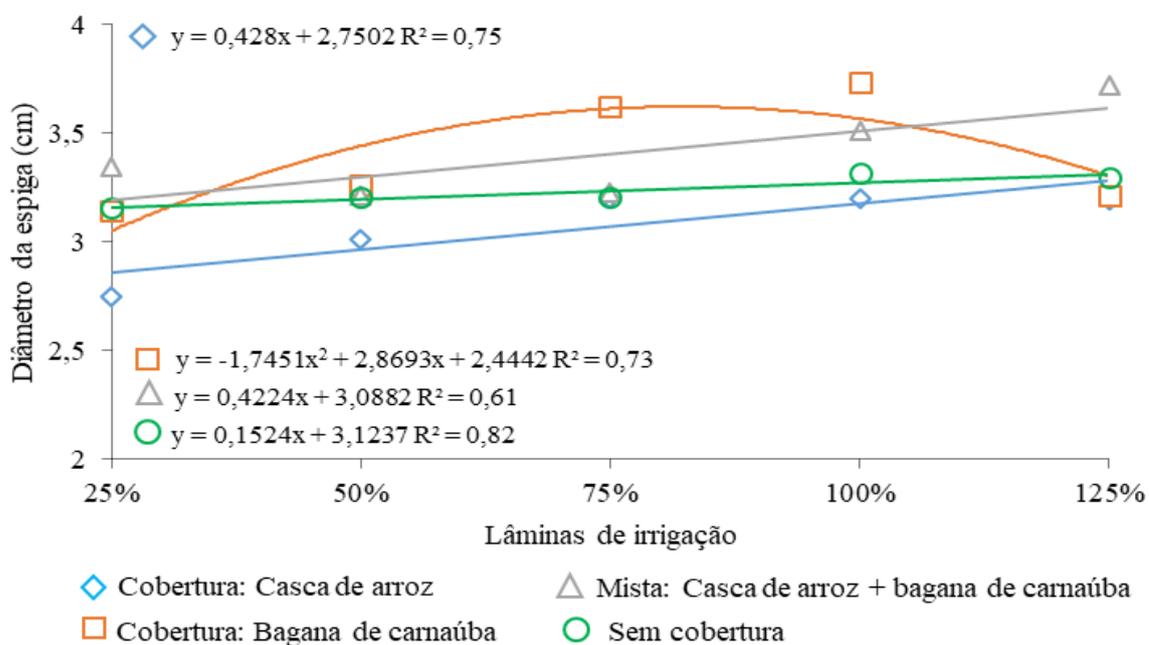


De um modo geral, ocorreram menores valores da massa do sabugo nas menores lâminas. Na medida que aumentam as lâminas de irrigação sejam aplicadas para a cultura do milho, os nutrientes como o potássio e o nitrogênio são os nutrientes exigidos em maior quantidade ao longo do ciclo, e presente na cobertura bagana de carnaúba, que proporciona disponibilidade com abaixo do esperado para o consórcio utilizado (VOGADO et al. 2015).

Em resultados próximos aos deste trabalho, Soares et al. (2010), avaliando os métodos de irrigação com dois tipos de cultivares de milho, concluíram que o maior valor da massa do sabugo foi encontrado com a lâmina equivalente a 100% (da ECA), tendo sido de 25,66 g. Parizi et al. (2009), avaliando os tratamentos das lâminas de irrigação sobre a produção de grãos do milho de 0% à 120% (da ETo), observaram massa do sabugo de 27,59 g para a lâmina de irrigação de 100% (da ETo), tendo ocorrido diferença estatística significativa entre os tratamentos. E, Schlichting (2012), avaliando a cultura do milho sob diferentes tensões de água no solo, observaram massa do sabugo de 23,32 g para a tensão de 18,65 kPa.

Para o diâmetro da espiga (DE), os valores médios das subparcelas com cobertura de arroz e mista e sem cobertura obtiveram bons ajustes para o modelo linear, sendo que na medida em se aumentou a lâmina de irrigação se obteve maior DE, Figura 19. Já para as subparcelas cobertas com bagana de carnaúba obtiveram-se melhor ajuste para o modelo polinomial quadrático, com o maior diâmetro sendo de 3,62 cm estimado para uma lâmina equivalente a 82% (da ETc).

Figura 19 – Diâmetro da espiga (DE) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupi, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



O diâmetro da espiga está relacionado com o enchimento dos grãos e com o número de fileira da espiga, e justificando pouca influência da irrigação. Silva (2011), em estudo com consórcio do milho com o feijão-caupi em Tocantins e avaliando o diâmetro da espiga em sistema de monocultivo e em consórcio, encontrou diâmetro de até 4,66 cm, superior ao desta pesquisa.

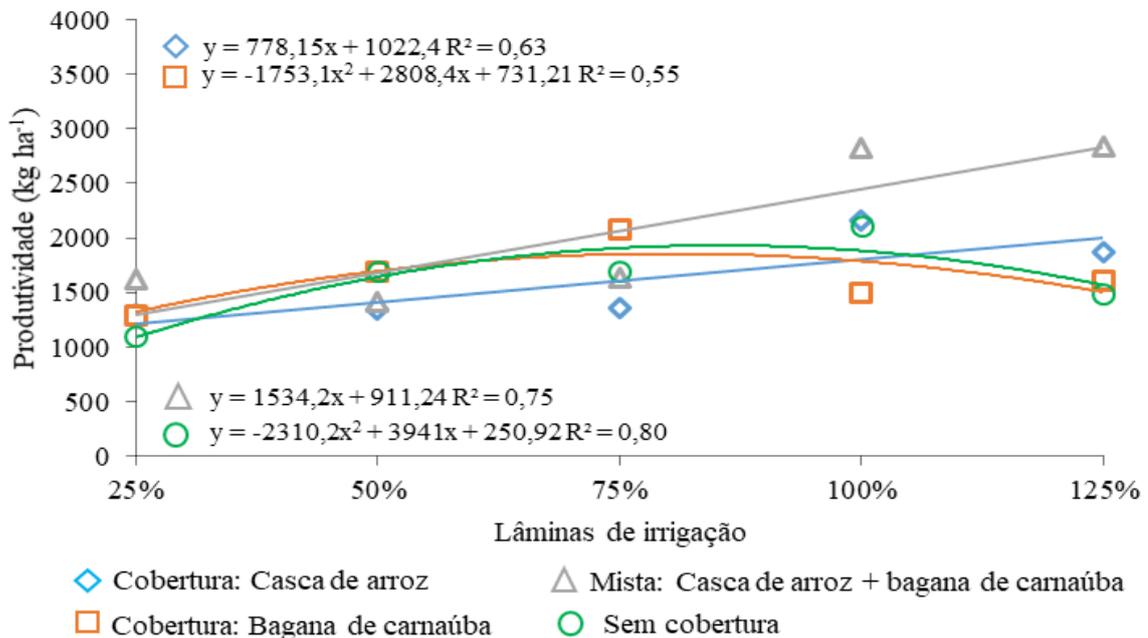
O valor do nutriente químico fósforo (Tabela 2), superou valor encontrado do autor em estudo, e isso, pode ter sido influenciado para a redução do diâmetro com o uso da cobertura bagana de carnaúba na medida que aumenta a lâmina de irrigação (GOTT et al. 2014).

Em resultado próximo, Ben (2015), em estudo sobre a influência das lâminas de irrigação e densidades de plantas do milho “safrinha” e avaliando o comportamento das

lâminas de irrigação submetidas às diferentes densidades de plantas, constatou que atingiu o ponto máximo com o diâmetro da espiga de 4,13 cm. Entretanto, o autor não observou efeito significativo para os fatores (lâminas de irrigação, densidades de plantas e a interação). Esses diâmetros foram inferiores aos encontrados por Blanco et al. (2011) e Barbosa et al. (2017), que trabalharam o milho em consórcio com outras culturas.

E por fim, para a produtividade do milho pode se observar que a interação (lâminas x coberturas vegetais mortas) se ajustou melhor ao modelo linear crescente até atingir a maior lâmina de irrigação 125% (da ETc) para as coberturas vegetais mortas casca de arroz e mista com 1.867,9 kg ha⁻¹ e 2.832,53 kg ha⁻¹, respectivamente, Figura 20. Já nas coberturas bagana de carnaúba e sem cobertura, o melhor ajuste para os dados de produtividade ocorreu com um modelo polinomial quadrático, sendo estimados como maiores valores 1.855,95 kg ha⁻¹ de com a lâmina equivalente a 80% (da ETc) e de 1.931,65 kg ha⁻¹ a 85% (da ETc), respectivamente.

Figura 20 – Produtividade (Prod.) do milho cultivado, em sistema de consórcio com o feijão-caupí, sob lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas.



Em função dos resultados de produtividade, pode-se afirmar que a melhor interação ocorreu quando se utilizou a lâmina equivalente a 125% da evapotranspiração do consórcio, cultivado com a cobertura mista (casca de arroz + bagana de carnaúba) do solo. O nutriente químico como o fósforo e o nitrogênio, são componentes que resultaram resultados

inferiores encontrado por Gott et al. (2014), e isso, pode ser fator influenciado na redução do diâmetro com o uso da cobertura morta bagana de carnaúba na medida que aumenta a lâmina de irrigação, caracterizado pela competição dos nutrientes e água pelo o consórcio feijão-caupi e o milho.

Os resultados da pesquisa foram bem superiores a produtividade média da cultura do milho para o estado do Ceará em 2018/19, que foi de 671,0 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019), bem como aos de Araújo et al. (2017) que, realizando estudo com consórcios de milho, feijão e mandioca, com presença de bagana de carnaúba no litoral do Ceará, observaram produtividade do milho de 662,7 kg ha⁻¹.

Já Silva (2014), em estudo com o milho Bandeirante, relevou que não houve efeitos significativo para o fator uso de cobertura morta casca de arroz para as variáveis de produção. Entretanto, houve efeito para a interação com a lâmina de irrigação, tendo proporcionado aumento na produtividade do milho. Resultado semelhante aos deste trabalho, onde a utilização de cobertura morta proporcionou o aumento significativo da produtividade do milho.

As maiores produtividades nas maiores lâminas foram obtidas com a cobertura mista, colaborando com o afirmado por Ferreira et al. (2015): a cobertura morta aplicada na superfície do solo é muito importante para as regiões áridas e semiáridas, pois esta prática mantém o solo úmido por mais tempo favorecendo o desenvolvimento da cultura. E com isso, promove a diminuição das frequências de irrigação e a economia de custos de operação e de manutenção.

E, provavelmente a junção da bagana de carnaúba com a casca de arroz (a cobertura vegetal morta mista) maximizou os efeitos benéficos da utilização, pois segundo diversos autores: “a cobertura morta possibilita a retenção de água no solo mantendo-o úmido por mais tempo, impedindo oscilações da temperatura e proporcionando menor evaporação da água armazenada no solo. Assim, é viável a utilização de cobertura para utilização no sistema de rotação de cobertura principalmente em se tratando de utilização na agricultura familiar” (SANDRI et al., 2007; BIZARI et al., 2009; FARIAS et al., 2015).

6 CONCLUSÕES

A maior produtividade do feijão-caupi foi obtida com o uso da cobertura vegetal morta casca de arroz, com $1.127,78 \text{ kg ha}^{-1}$ para a lâmina de irrigação equivalente a 125% da evapotranspiração do consórcio (ETc).

A maior produtividade do milho ocorreu quando se utilizou a maior lâmina 125% (da ETc) com $2.832,53 \text{ kg ha}^{-1}$ quando se utiliza a cobertura vegetal morta mista (casca de arroz + bagana de carnaúba).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, José de Anchieta Alves de; SEDIYAMA, Tocio; ALVES, José Maria Arcanjo; SILVA, Antonio Alberto; UCHOA, Sandra Cátia Pereira. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.532-538, 2012.
- ALMEIDA, K. F. de *et al.* Avaliação da produtividade do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada na região dos cocais maranhense. In: XXV CONIRD - CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2015, São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão, p. 486 – 491, 2015.
- ALVES, J. M. A.; Araújo, N. P.; Uchôa, S. C. P.; Albuquerque, J. A. A.; Silva, A. J.; Rodrigues, G. S.; Silva, D. C. O. (2009): Avaliação agroecômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 03, n. 01, p. 15-30.
- AMORIM, J. R. A. de. *et al.* Qualidade da água na agricultura irrigada. In: ALBUQUERQUE. P. E. P. de.; DURÃES. F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; Rodrigues, B. H. N.; Frizzone, J. A.; Cardoso, M. J.; Bastos, E. A.; Melo, F. B. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.17-20, 2002.
- ANDRADE, C. L. T. de.; JÚNIOR, J. C. F. B. Seleção do método de irrigação. In: ALBUQUERQUE. P. E. P. de.; DURÃES. F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012.
- ANDRADE, C.L.T.; ALBUQUERQUE, P.M.P.; BRITO, R.A.L.; RESENDE, M. Viabilidade e Manejo da Irrigação da Cultura do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, documento 85, 2006.
- ARAÚJO, Awdrea Kristhya; ARAÚJO FILHO, João Ambrósio de; MARANHÃO, Samuel Rocha. Consórcios de Milho, Feijão e Mandioca em Presença de Bagana de Carnaúba em um Argissolo no Litoral Norte do Ceará sob Condições de Sequeiro. **Essentia**, Sobral, v. 18, n. 1, p.2-23, dez. 2017.
- AZEVEDO, Benito Moreira de *et al.* Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão vigna de cor preta. **Agropecuária Técnica**, Areia - Pb, v. 32, n. 1, p.152-159, nov. 2011.
- BARBOSA, W. S. S.; Lyra, G. B.: **Milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. / 91 f.: il. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. 2017.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. C. A Cultura do Milho. Escola de ciências e tecnologia departamento de fitotecnia, Universidade de Évora, 2014, 52 p. Disponível em: <file:///C:/Users/crf/Downloads/Sebenta-milho.pdf>. Acessado em: 12 de agosto de 2019.

BEN, Luis Humberto Bahú. **Influência de lâminas de irrigação e densidades de plantas sobre o cultivo do milho "safrinha"**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2015.

BERNARDON, T. **Componentes de produtividade de grãos de milho (*Zea mays L.*), visando obter parâmetros para agricultura de precisão**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BEZERRA, M. J. M. *et al.* Desempenho Agronômico de Cultivares Crioulos do Feijão Caupi para a região do Cariri Cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza - CE, v. 11, n. 7, p.2022-2030, 29 dez. 2017.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. M.; DEUS, F. P.; MESQUITA, M. Diferentes sistemas de manejo do solo no consumo de água do feijoeiro irrigado em Campinas-SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.5, n.3, p.143-152, 2011.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; ROQUE, M. W.; SOUZA, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

BLANCO, Flávio Favaro *et al.* Milho verde e feijão caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p.524-530, maio 2011.

BRITO, A. U., PUIATTI, M., CECON, P. R., FINGER, F. L., & MENDES, T. D. C. "Viabilidade agroecônômica dos consórcios taro com brócolis, couve-chinesa, berinjela, jiló, pimentão e maxixe." **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 12.3 (2017): 296-302.

CARDOSO, M.J.; Melo, F.B.; Bastos, E.A.; Ribeiro. V. Q.; Athayde S., C.; Andrade Júnior, A.S.: Dose de fósforo e densidades de planta em caupi. II. Efeito sobre a produtividade de grãos e componentes de produção sob irrigação em solo Aluvial Eutrófico. **In. Reunião Nacional de Pesquisa de Caupi**, 4, 2006, Teresina. p. 123.

CARVALHO, J. F; MONTENEGRO, A. A. A; SOARES, TALEM; ÊNIO F. F. E SILVA; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, n.3, p.256–263, 2011.

CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C. Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 570-576, 2004.

CHIEPPE JÚNIOR, J.B.; PEREIRA, A.L.; STONE, L.F.; MOREIRA, A.E.K. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento da cultura do feijoeiro irrigado, em sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 177-184, 2007.

CRUZ, A. R. M.; MARQUES, V. B.; COSTA, N. M.; DOUTEL, V. A.; VITAL, J. X. Coberturas vegetais mortas no desenvolvimento do feijão mungo (*Vigna Radiata L.*) em

Redenção – CE. In: IV Semana Universitária, 2017, Acarape. **II Encontro de Práticas Docentes**. PROGRAD, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2018/19, **Quarto levantamento**, Brasília, v. 6, n. 4, 2019. 1-126p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2014/15, **Décimo primeiro levantamento**. Brasília, v. 1, n. 11, 2016. 82p.

COSTA, João Paulo Nunes da *et al.* Evapotranspiração e rendimento do milho a diferentes lâminas e salinidade da água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 2, n. 1, p.74-80, jun. 2015.

COSTA, D.S. da; BARBOSA, R.M.; SÁ, M.E. de. Sistemas de produção e cultivares de feijoeiro em consórcio com milho. **Scientia Agraria**, v.11, p.425-430, 2010.

CRUZ, A. R. M.; MARQUES, V. B.; COSTA, N. M.; DOUTEL, V. A.; VITAL, J. X. Coberturas vegetais mortas no desenvolvimento do feijão mungo (*Vigna Radiata L.*) em Redenção – CE. In: **IV Semana Universitária**, 2017, Acarape. **II Encontro de Práticas Docentes**. PROGRAD, 2017.

DEVIDE, A. C. P. *et al.* Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n. 01, p. 145-153, 2009.

DUTRA, A. F., *et al.* Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353 p.

FARIAS, D. B. dos S; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A; NASCIMENTO, L. F. de A; SA FILHO, J. C. F de. Avaliação da umidade do solo em função da presença de matéria orgânica e cobertura do solo no cultivo da alface crespa (*Lactuca sativa L.*). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 5, p. 287-291, 2015.

FAVARATO, L. F., *et al.* Efeitos múltiplos da cobertura morta do solo em cultivo orgânico de cenoura. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.7, n.2, p.24-30, 2017.

FERREIRA, N. M., *et al.* Crescimento e produção da mamoneira BRS Paraguaçu sob irrigação, cobertura do solo e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 857-864, 2015.

FERREIRA, V. M.; Andrade Júnior, A. S.; Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q.; Morais, E. L. C. Performance produtiva do consórcio milho-feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 177-18, 2010.

FLESCH, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2002.

FRANCELINO, Francisco Maurício Alves. **Efeito de diferentes lâminas de irrigação nos monocultivos e no consórcio feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) no Tocantins**. 126 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, 2018.

FREIRE FILHO, Francisco Rodrigues. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte**, Livro científico (ALICE), 2011.

FREIRE FILHO, F.R.; Ribeiro, V.Q.; Rocha, M.M.; Silva, K.J.D.; Nogueira, M.S.R.; Rodrigues, E.V. 2011. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2011, 84 p.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 26-46.

FREITAS, P. S. L. FREITAS, P. S. L; MANTOVANI, E. C. SEDIYAMA, C. G; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação de água do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004

GALVÃO, D. C. **Estratégia de uso de água salina na irrigação do milho AG 1051**. 62f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2013.

GALLON *et al.* **Irrigação por Gotejamento Uso da Água com Tecnologia para a Produção**. In: I Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio, Vacaria, 2015. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

GOTT, Roney M. *et al.* Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 18, n. 11, p.1110-1115, 2014.

KOPPEN, W. Dieklimatedererde-grundrib der kimakunde. Berlin: Walter de gruy-terverlag, 1923

LIMA, J. F. *et al.* Cultivo consorciado de milho e feijão caupi sob diferentes espaçamentos em transição agroecológica em Roraima. In: Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no Estado de Roraima, 2016, Boa Vista, RR. **Resumos...** UERR, 2016.

LOCATELLI, V. *et al.* Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.574-580, 2014.

LOCATELLI, Viviana da Encarnação Rodrigues. **Desempenho de feijão-caupi sob lâminas de irrigação cultivado sobre palhada no Cerrado de Roraima**. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista - RR, 2013.

MACÊDO, Francisca Nilcéia Alves. **Avaliação da eficiência técnica de sistemas agrícolas cultivados com uso da palha de carnaúba (*Copernicia prunifera* [Miller] H. Moore) no**

semiárido piauiense. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís - MA, 2007.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 23p, 2002.

MARQUELLI, W. A. SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. Irrigação do tomateiro para processamento. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2012. 3 - 4 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

MATOSO, Aline de Oliveira. **Milho e Feijão-caupi cultivados em faixas na safrinha**. 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MEDEIROS, E. V; MARTINS, C. M; LIMA, J. A. M; FERNANDES, Y. T. D; OLIVEIRA, V. R; BORGES, W. L. Diversidade morfológica de rizóbios isolados de caupi cultivado em solos do Estado do Rio Grande do Norte. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 3, p. 529-535, 2009.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MENESES, N. B. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 123-129, abr - jun, 2016.

MESQUITA, José Bruno Rego de. **Influência de lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação na cultura do milho**. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2014.

MOREIRA, J. N. **Produtividades de minimilho, espigas verdes e grãos de cultivares de milho em resposta**. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2007.

NEUTZLING, Cristiane. **Reutilização de substrato de casca de arroz in natura em sistema de calhas com recirculação do lixiviado para o cultivo de híbridos de pepineiro conserva**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

OLIVEIRA, C. A. P. de.; SOUZA, C. M. de. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*musa spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 345-347, 2003.

OLIVEIRA, J. R. R. *et al.* Produtividade do milho sob níveis de irrigação. **Inovagri Internacional meeting**, 2012. Disponível: <http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo159.pdf>. Acesso em 10/02/2019.

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; GALVÃO, C. O. & LEITÃO, T. J. V. Estimativa da evaporação e análise do uso do coeficiente (kp) do tanque Classe A nas regiões

do Cariri e sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 73-83, 2005.

PAIVA JUNIOR, M. C.; PINHO, R. G. VON; PINHO, E. V. R. VON; RESENDE, S. G. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p.1235-1247. 2001.

PARIZI, Ana Rita Costenaro *et al.* Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p.254-267, 2009.

PEREIRA, Djalma Silva *et al.* Produção de forragens de cana-de-açúcar e feijão-guandu cultivados em monocultivo e consórcio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa - MG, v. 7, n. 4, p.80-87, 2017.

PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo. UNESP, 2009. 408 p.

SANDRI, D; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SANTOS, S. SESPÍNDOLA; J. A; GUERRA, J. G. M; LEAL, M. A. A; RIBEIRO, R. L. D; Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, jul- set. 2012b.

SCHLICHTING, Alessana Franciele. **Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio**. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis - MT, 2012.

SILVA, Átila Reis da. **Sistema agroflorestal sobre cultivo de leguminosas: fertilidade do solo, resistência a penetração e produtividade de milho e feijão-caupi**. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2011.

SILVA, Joselma Nogueira da. **Produção de milho cultivar bandeirante em função de diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta**. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias, Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha - PB, 2014.

SILVA, Antônio Carlos Ferreira. A cobertura do solo muito importante para as plantas cultivadas, especialmente no vero Parte II. Urussanga/SC, 2015. Disponível em: http://cultivehortaorganica.blogspot.com/2015/01/a-cobertura-do-solo-e-muito-importante_22.html. Acesso em: 16 de março de 2019.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO. C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOARES, F.C.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; PARIZI, A.R.C.; RAMAO, C.J.; VIVAN, G.A. Resposta da Produtividade de híbrido de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p.36-50, janeiro-março, 2010.

SOUSA, P. G. R.; SOUSA, J. DE P. F.; SOUSA, A. M.; COSTA, R. N. T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. [s.l.] v. 11, n.1, p.1201-1212, 2017.

SOUZA, Luciana Sandra Bastos de et al. Crescimento e Produtividade do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife - PE, v. 07, n. 03, p.524-539, 2014.

SOUZA, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyiyama, G. C.; Silva, T. George F. (2011): Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; , SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. Características agronômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 242-248, 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ªed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TÁVORA, F. J. A. F.; SILVA, C. S. A.; BLEICHER, E. Sistemas de consórcios do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 13, n. 3, pp. 311-317, 2007.

TEÓFILO, E. M. *et al.* Potencial fisiológicos de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 03, p. 443-448, 2008.

VIEIRA, Fábio Roberto. **Estudo experimental da pirólise lenta da casca de arroz em reator de leito fixo**. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.

VOGADO, Renato Falconeres *et al.* Resíduo da carnaubeira utilizado como substrato na produção de mudas de melancia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal. **Anais...** Natal: CBCS, 2015. v. 1, p. 1-4.

ZILLI, J. E. *et al.* Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

APÊNDICE A – ÁREA MODELO

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa foi a experimental conforme descrita anteriormente, foco principal dessa dissertação. A segunda etapa constituiu-se da elaboração de uma área expositiva do pacote tecnológico desenvolvido a partir da etapa experimental. A área modelo foi desenvolvida, no semiárido, na Fazenda Bom Jardim, em São José dos Queiroz, Quixadá - CE.

Na área modelo, sob influência de uma barragem subterrânea, além do consórcio feijão de corda com milho, possibilitou-se o pastoreio no final do ciclo destes por cabras, configurando a integração lavoura-pecuária.

Inicialmente, dividiu-se a área a montante, sob influência da barragem, em 8 piquetes. Nos piquetes, foram feitos cultivos do consórcio, com a cobertura morta mista, proposta na fase 1. A irrigação ocorreu por ascensão capilar com a água retida durante a estação chuvosa pela barragem subterrânea. A cada dez dias plantou-se um piquete. O cultivo no mesmo foi conduzido até os 70 dias após o plantio e nos dez dias seguintes colocaram-se as cabras, perfazendo 80 dias por ciclo por piquete. Antes de pôr as cabras, foi possível se colher o feijão e o milho verde. Como cada ciclo de integração lavoura-pecuária ocupou um piquete por 80 dias, sendo que as cabras estavam presentes no mesmo em 10 dias, houve a necessidade de se constituir 8 piquetes. Isto possibilitou forragem o ano todo para as cabras. E feijão, milho verde, leite e carne de cabra para os agricultores. Além de renda extra.

APÊNDICE B - MARCAÇÃO DAS LINHAS DE PLANTIO NO PIQUETE 01

**APÊNDICE C - DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CONSÓRCIO MILHO-FEIJÃO
NO PIQUETE 02**



**APÊNDICE D - DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO MILHO-FEIJÃO AOS 50
DAG NO PIQUETE 04**



**APÊNDICE E - DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO MILHO-FEIJÃO AOS 65
DAG NO PIQUETE 05**



**APÊNDICE F - DESENVOLVIMENTO DO CONSÓRCIO MILHO-FEIJÃO AOS 70
DAG NO PIQUETE 06**



APÊNDICE G - CABRA PASTANDO NO PIQUETE 04

APÊNDICE H - CABRAS PASTANDO NO PIQUETE 08

APÊNDICE I - PIQUETE 03 APÓS 5 DIAS DE PASTEJO DAS CABRAS