

EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NOS
MONOCULTIVOS E NO CONSÓRCIO FEIJÃO – CAUPI(*Vigna
unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) NO TOCANTINS

FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JUNHO DE 2018

EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NOS
MONOCULTIVOS E NO CONSÓRCIO FEIJÃO – CAUPI (*Vigna
unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) NO TOCANTINS

FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do título
de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Cunha Coelho
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias,
Laboratório de Fitotecnia.

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JUNHO DE 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

F815 Francelino, Francisco Mauricio Alves.

Efeito de diferentes lâminas de irrigação nos monocultivos e no consórcio feijão – caupi (*Vigna unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) no Tocantins / Francisco Mauricio Alves Francelino. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

125 f. : il.

Bibliografia: 85 - 95.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientador: Fabio Cunha Coelho.

1. Eficiência no uso da água. 2. Índice de Equivalência de Área. 3. Produtividade. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

EFEITO DE DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NOS
MONOCULTIVOS E NO CONSÓRCIO FEIJÃO – CAUPI (*Vigna
unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) NO TOCANTINS

FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutorado em Produção Vegetal.

Aprovada em 20 de junho de 2018.

Comissão Examinadora:

Prof. Mírian Peixoto Soares da Silva (D.Sc., Produção Vegetal) – IFTO

Prof Sílvio de Jesus Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) - UENF

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Orientador

“Hoje mesmo começarei a honrar você diante de todo o Israel. Eles verão com os próprios olhos que estou com você, assim como estive com Moisés.” - Josué 3: 7a.

A Deus, toda honra, toda Glória e todo louvor!!!
A Minha amada esposa Carmen Manhães e ao meu amado filho Mateus Coimbra
Francelino com amor e carinho.

Ofereço e dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, minha fortaleza e meu sustento, em todos os momentos. A Ele toda honra, Glória e louvor para sempre!!!

Ao minha amada esposa Carmen Manhães por todo amor, companheirismo, paciência, compreensão, ajuda nos experimentos de campo e dedicação em todos os dias desses últimos 11 anos de relacionamento, sem sua grande contribuição e apoio especial este trabalho não seria possível.

Ao meu amado filho Mateus Coimbra Francelino (meu Cebite, meu Gretinha, Cebi-show, “ai que ou... ai”).

Ao meu orientador e amigo Prof. Fábio Cunha Coelho por todos os ensinamentos, conselhos, incentivo, amizade e muita paciência durante este período de doutorado.

A minha querida mãe *in memória* “que já papocou com linha carretel e tudo”.

A minha família, em especial, meu irmão e amigo Helenilson - “caba do couro fino”, demais irmãos Luzia-“Zê”, Cícero - “Ciço”, Josefa -“Lela”, Ameliana -“Nêm”, Ana Célia, Fábio - “Fabrício”, Helenildo -“Galego”, Helenilton -“Tonim”, ao querido Pai Heleno Francelino, meus sobrinhos Lucas, Arthur, Kelven, Eugênio, Nayara, David, Otávio, Alessandro, Fernanda, Flávia e Lucas o Furão. Meus cunhados e cunhadas e aos meus amigos Rafael Araújo, Fátima, Pr. João, Pr. Jair Rodrigues pelo carinho e apoio em todas as etapas da minha vida não somente acadêmica.

Aos meus amigos Mírian e Vilanilson, por todo o seu empenho e dedicação ao longo da execução dos experimentos no campo (experimento 2).

Aos estudantes e colegas de trabalho do IFTO Campus Colinas do Tocantins em especial aos amigos Érick que muito me auxiliou no campo, ao Prof. Levi, ao Diretor Paulo Hernandes pela liberação do espaço, auxílio e apoio prestado em campo durante a execução dos experimentos de pesquisa.

Aos meus amigos os irmãos Evanis Lopes e José Hander Lopes, pelo apoio e parceria para instalação do segundo experimento de pesquisa na Fazenda Esperança em Pedro Afonso – TO

Ao meu amigo e irmão na fé Benedito Moura “será o Bené” e sua esposa Katiússia

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado por quase 4 anos, no qual foi fundamental para obtenção desse título.

Ao Instituto Federal do Tocantins – Campus Colinas do Tocantins, por ter cedido a área do experimento.

Ao meu querido e sempre presidente Luís Inácio Lula da Silva o LULA, dedico a você na certeza de muito em breve poder vê-lo livre novamente.

#Eleições sem LULA é fraude...

Eternizo meu agradecimento a todos que me ajudaram de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

“Ainda que eu não coma do fruto da árvore e nem me deleite em sua sombra, jamais deixarei de lançar no solo a sua semente...”
Francisco Francelino.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	V
SUMÁRIO.....	VIII
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
1. Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi.....	5
2. Aspectos gerais da cultura domilho.....	8
3. Milho verde.....	9
4. Sistema de consórcio milho e feijão-caupi.....	11
5. Avaliação da eficiência do consórcio.....	15
6. Aspectos gerais da irrigação.....	16
7. Eficiência no Uso da água na agricultura.....	18
8. Lâminas de irrigação e produção.....	21
4. Material e Métodos.....	24
1. Localização e caracterização dos experimentos.....	24
2. Caracterização do experimento 1.....	25
3. Caracterização do experimento 2.....	27
4. Condições Climáticas nos locais de estudos	29
5. Delineamento experimental e tratamentos.....	40
1. Experimento 1.....	40
2. Experimento 2.....	42
6. Condução dos experimentos.....	45

7.	Manejo da irrigação	46
8.	Componentes de produção avaliados nas culturas do milho e do feijão-caupi.....	48
9.	Componentes de produção avaliados nas culturas do milho verde....	48
10.	Componentes de produção avaliados nas culturas do feijão - caupi	49
11.	Eficiência no uso da água, rendimentos de produção e índice equivalente de área.....	49
5.	Resultados e Discussões.....	52
1.	Capítulo 1: Experimento 1.....	52
	1.1. Componente de produtividade	52
	1.2. Produtividade e Eficiência no uso da água	56
2.	Capítulo 2: Experimento 2.....	61
	2.1. Componentes de Produção.....	61
6.	Resumos e conclusões.....	82
7.	Referências Bibliográficas.....	85
8.	Apêndices.....	96

RESUMO

FRANCELINO, Francisco Maurício Alves Francelino, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Maio de 2018. Efeito de diferentes lâminas de irrigação nos monocultivos e no consórcio feijão - caupi e milho no Tocantins. Orientador: Prof. Fábio Cunha Coelho

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação (L0%, L50%, L75%, L100% e L125% da ET₀) no monocultivo do feijão-caupi em Colinas do Tocantins TO na safra 2016/2017 e em consórcio feijão-caupi com o milho em Pedro Afonso - TO, na safra 2017/2018. A pesquisa foi realizada em dois experimentos de campo, sendo um em cada cidade, desta forma o trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo refere-se ao efeito das diferentes lâminas de irrigação na produção do feijão-caupi em monocultivo no município de Colinas do Tocantins - TO região meio norte do Tocantins, a avaliação dos dados deste experimento foi realizada por meio da estatística descritiva (método de amostragem aleatória) em que foram avaliadas 100 plantas dentro da parcela de cada tratamento, onde cada planta representa uma unidade amostral. O segundo capítulo refere-se ao efeito de diferentes lâminas de irrigação no consórcio feijão-caupi e milho sob plantio direto em Pedro Afonso – TO. Para este experimento combinou-se as cinco lâminas de irrigação e os sistemas de cultivo, resultando em 15 tratamentos distintos, o delineamento foi dividido em blocos casualizados – DBC com três repetições. O incremento de irrigação contribuiu significativamente para os componentes de produção avaliados tanto no feijão-caupi quanto no milho nos dois sistemas de cultivo, com exceções dos componentes de

produção altura de planta e peso de cem grãos no feijão-caupi e diâmetro de espigas empalhadas no milho. A produtividade de grãos, a eficiência de uso da água (EUA) e o índice de equivalência de área (IEA) apresentaram melhor desempenho com as maiores lâminas de irrigação aplicadas e a Renda Líquida também foi maior com a aplicação das maiores lâminas.

Palavras-chave: eficiência no uso da água, Índice de equivalência de área, produtividade.

ABSTRACT

FRANCELINO, Francisco Maurício Alves, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. May 2018. Effect of different irrigation slides on monocrops and on the intercrops of cowpea and maize in Tocantins. Adviser: Fábio Cunha Coelho.

The objective of this study was to evaluate the effect of different irrigation slides (L0%, L50%, L75%, L100% and L125% of ET₀) on monoculture of cowpea in Colinas do Tocantins TO in the 2016/2017 harvest and in a bean consortium -caupi with corn in Pedro Afonso-TO, in the 2017/2018 harvest. The research was carried out in two field experiments, one in each city, in this way the work divided into two chapters. The first chapter refers to the effect of different irrigation slides on the production of cowpea in

monoculture in the county of Colinas do Tocantins - TO region north of Tocantins, the evaluation of the data of this experiment was performed through descriptive statistics of random sampling) in which 100 plants were evaluated within the plot of each treatment, where each plant represents a sample unit. The second chapter refers to the effect of different irrigation slides in the consortium of cowpea and maize under no-tillage in Pedro Afonso-TO. To stop this experiment the five irrigation slides and the cultivation systems were combined, resulting in 15 different treatments, the design was divided into randomized blocks - DBC with three replicates. In both experiments the irrigation increment contributed significantly to the production components evaluated in both cowpea and maize in both cropping systems, with the exception of the components of plant height and weight of one hundred grains in cowpea and diameter of ears of corn stuffed. Grain Productivity, USA, IEA and IEA presented better performance with the highest applied irrigation slides and Net Income was also higher with the application of larger slides.

Key-Words: efficiency in water use, area equivalence index, productivity.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda), *Vigna unguiculata* (L.), é uma das principais fontes alimentares e de proteína vegetal para as regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, além de desempenhar papel estratégico do ponto de vista, econômico e social nessas regiões. No Brasil exerce importante papel para o desenvolvimento agrícola principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país, sobretudo, para as populações rurais de baixa renda suprimindo suas necessidades nutricionais (LIMA, et al., 2007).

Além da utilização para o consumo *in natura*, principalmente na forma de grãos secos ou verdes, o feijão-caupi é utilizado também como forragem, feno, ensilagem, na alimentação animal, adubação verde e proteção do solo (ROCHA et al., 2009).

De acordo com FREIRE FILHO et al. (2005) o feijão-caupi é considerado uma espécie vegetal com grande variabilidade genética, podendo ser usado para diversos fins e em variados modos de cultivo. Além disso, possui grande capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, sendo de grande valor nutricional por conter em sua composição os aminoácidos considerados essenciais ao homem.

O feijão-caupi costuma ser a leguminosa preferida pelos produtores para realizar consórcios com outras culturas. Isto ocorre devido a algumas vantagens que esta cultura apresenta, como por exemplo, por ser uma cultura de ciclo curto e pouco competitiva que pode ser semeado em várias épocas do ano, além de normalmente seu preço alcançar bons valores no mercado (VIEIRA et al., 2006).

O milho é explorado desde os primórdios da agricultura, com evidências de que a domesticação desta espécie teve início há mais de 10.000 anos, tendo sido o principal cultivo de importantes civilizações, como a dos astecas, maias e incas (PATERNIANI e CAMPOS, 2005).

Pela grande variedade de raças e cultivares na espécie *Zea mays* L. ela é considerada politépica, apresentando características que permitem seu cultivo em praticamente todos os continentes (FORNASIERI FILHO, 2007). Além disso, é um produto consumido em todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2009). Estes fatores estimulam sua produção no Brasil.

De acordo com SCHONS et al. (2009), nas pequenas propriedades familiares, a utilização de diferentes variedades ao invés de híbridos de milho é vantajosa, pois as mesmas permitem o uso de sementes próprias em cultivos futuros, e assim o custo de produção cai. Segundo SILVA (2011), o cultivo consorciado de duas culturas, como o feijão e milho oriundos de sementes crioulas, pode ser uma alternativa para melhor aproveitamento e ocupação do solo gerando alimento e renda, sendo, portanto, opção importante na agricultura familiar.

O sistema de consórcio de culturas, é o sistema de cultivo tradicional nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento dos trópicos e, consiste no plantio de duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas concomitantemente na mesma área. Elas não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo, mas, durante apreciável parte de seus períodos de desenvolvimento, há simultaneidade, forçando uma interação entre elas (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Nos cultivos consorciados ocorre competição por luz, nutrientes, água e outros fatores envolvidos no crescimento e produção das culturas. A competição depende das espécies envolvidas, dos seus sistemas radiculares e das disponibilidades de água, nutrientes e oxigênio (COSTA e SILVA, 2008).

A disponibilidade hídrica às culturas é um dos fatores que mais contribui para a ocorrência destes riscos, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde o regime hídrico se comporta de forma muito irregular com relação a distribuição temporal e espacial das chuvas, o que condicionam a frequência e a intensidade de períodos de déficit hídrico.

Mousinho (2008) destaca que a irrigação é uma prática necessária para que os riscos sejam eliminados ou minimizados, suprindo as quantidades de água necessárias para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas. Afirmando ainda que nem sempre esta cultura apresenta bons resultados de produção e produtividade, pelo fato do seu cultivo irrigado ainda ser incipiente.

Para um manejo correto de irrigação deve-se levar em consideração a lâmina de água adequada para bom suprimento hídrico, evitando estresse à cultura o qual possa afetar o crescimento das plantas e os componentes de produção (Bezerra et al., 2003).

Para suprir a necessidade hídrica das culturas nos períodos que não ocorrem chuvas, os agricultores geralmente utilizam a irrigação para atender a demanda plena de água das plantas e maximizar a produtividade (Ramos et al., 2012).

.A partir desta perspectiva, o principal desafio passa pela conscientização da sociedade para necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos, desta forma, se faz necessário a busca por novos modelos de exploração da agricultura que vise especialmente o desenvolvimento de tecnologias de irrigação, especialmente no que concerne ao manejo da irrigação propriamente dito.

2. Objetivos

2.1. GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação (0; 50; 75; 100 e 125% da ET_0) no rendimento de grãos do feijão-caupi em monocultivo em Colinas do Tocantins – TO e feijão-caupi e do milho em monocultivos e em consórcios em Pedro Afonso – TO.

2.2.ESPECÍFICOS

- Avaliar a produção de feijão-caupi em monocultivo utilizando diferentes lâminas de irrigação nas condições edafoclimáticas de Colinas do Tocantins e Pedro Afonso no Tocantins;
- Avaliar a produção de milho em monocultivo utilizando diferentes lâminas de irrigação nas condições edafoclimáticas de Pedro Afonso no Tocantins;
- Avaliar a produção de feijão-caupi e do milho em sistema de consórcio utilizando diferentes lâminas de irrigação nas condições edafoclimáticas de Pedro Afonso no Tocantins;
- Mensurar os Indicadores de eficiência do uso da água e de produção equivalente e indicadores econômicos como: EUA, IEA, Renda Bruta, Renda Líquida, Custos de Produção e Relação de preços, tanto em monocultivo quanto em consórcio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi

A produção agrícola brasileira está dividida em três períodos de cultivos, ou seja, em três safras distintas (primeira, segunda e terceira safras) de acordo com as características edafoclimáticas de cada região produtora. E no Tocantins estas safras são distribuídas da seguinte forma: primeira fase nov/fev, segunda fase fev/jun e terceira fase mai/ago.

Com relação a cultura do feijão-caupi no Brasil, a safra 2017/2018 teve aumento de área plantada de 1,409 milhões de ha para 1,527 milhões de ha (7,3%) e produtividade de 506 kg ha⁻¹ para 520 kg ha⁻¹ (2,8%) mesmo em face das condições climáticas mais favoráveis nessa safra. A produção também teve o mesmo comportamento saindo das atuais 713,3 mil toneladas, alcançando 786,9 mil toneladas, o que equivale a um aumento de (10,3%), (CONAB. 2018).

Já no Tocantins, enquanto na safra anterior teve aumento de área plantada e de produção e produtividade, para a safra 2017/2018 foi o inverso. A área cultivada com feijão-caupi saiu de 41,1 mil ha para 36,1 mil ha uma redução de (12,2%), e nas produtividade e produção a redução foi ainda maior, a produtividade caiu de 1630 Kg.ha⁻¹ para 799 Kg.ha⁻¹, uma queda de 51%, a produção caiu de 67 mil ton para apenas 28,8 mil ton, uma queda de 57%. , esse quadro pode ser explicado pela aumento da área cultivada pela soja na mesma época. (CONAB, 2018).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), pertencente à família Fabaceae é originado do continente africano (FREIRE FILHO et al., 2005). Conhecido por diversos nomes

comuns, tais quais, feijão fradinho, feijão macáçar e feijão de corda. É uma cultura amplamente cultivada nos semiáridos africano e brasileiro (ROCHA et al., 2009).

No Brasil a cultura se destaca, sobretudo, nas regiões Norte e Nordeste onde há o predomínio do seu cultivo em pequenas propriedades. Segundo Cardoso e Ribeiro (2006) na região nordeste concentram-se as maiores áreas plantadas. Fazendo parte das culinárias regionais, como por exemplo, o baião-de-dois nordestino (ZILLI et al., 2009). Porém a cultura tem se expandido para outras regiões do Brasil, em razão da sua ampla adaptabilidade às condições tropicais e ao baixo custo de produção, e em decorrência do intenso trabalho de melhoramento aplicado à cultura nos últimos 20 anos (FREIRE FILHO et al., 2011).

Além disso, nacionalmente o cultivo do feijão-caupi pode ser considerado como uma atividade promotora do desenvolvimento agrícola, nos aspectos econômico e nutricional, possuindo função socioeconômica, principalmente para as populações rurais mais carentes, sendo usado como forma de suprir suas necessidades nutricionais diárias (TEÓFILO et al., 2008).

Por meio do melhoramento genético tem se obtido variedades com arquiteturas aptas à colheita mecânica, o que facilitou sua ampliação para o plantio em grandes áreas. Destacando-se a recente incorporação do feijão-caupi aos arranjos produtivos de soja, arroz e milho, especialmente na safrinha, o que vem acarretando rápida expansão de seu cultivo. Fatores como alta qualidade de grãos, valor nutritivo e regularidade da oferta em termos de quantidade e padronização do produto têm despertado o interesse de comerciantes, agroindústria e distribuidores, colaborando para a abertura de importantes mercados, inclusive no exterior (FREIRE FILHO et al., 2011).

As cultivares de feijão-caupi possuem características genéticas, fisiológicas e morfológicas intrínsecas, respondendo de forma diferenciada as condições edafoclimáticas locais (SANTOS et al., 2009).

Fonte de proteína vegetal e sabor incomparável, o feijão-caupi é um dos cultivos mais adaptados a pouca disponibilidade hídrica e nutricional, que aliados a adaptação ao calor tropical, revela-se uma alternativa promissora para a produção de proteína a baixo custo e com ciclo rápido (ZILLI et al., 2009).

A cultura é um dos principais componentes da dieta alimentar das populações das regiões norte e nordeste, sendo também responsável pela geração de emprego e renda nas zonas rural e urbana. Tida como uma cultura tipicamente de subsistência, a maioria

dos produtores são considerados pequenos ou médios, com produção destinada primeiramente para consumo próprio, e comercialização em caso de existência de excedentes. Como os pequenos produtores na maioria das vezes não possuem infraestrutura para uma produção mais tecnificada, costumam cultivar o caupi na estação das chuvas (LIMA et al., 2007).

A produção de feijão caupi, no Brasil, concentra-se nas regiões Norte e Nordeste, tendo uma área cultivada com esta cultura em torno de 1,5 milhão de hectares no Nordeste, seguida do Norte com 56,8 mil hectares, com a produção brasileira em torno de 783 mil toneladas, estas duas regiões contribuem com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total (feijão caupi + feijão comum) no país (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2012). Nos últimos anos a cultura tem avançado para outras regiões e veem conquistando espaço principalmente na região Centro-Oeste, incentivada pelo desenvolvimento de novas cultivares com características mais adaptadas para as novas realidades edafoclimáticas e que favorecem o cultivo mecanizado, dentre elas, o porte mais ereto (SILVA, 2009).

O feijão-caupi pode ser consumido na forma de vagem verde, grão verde e seco, de acordo com o tipo de preparo na culinária.

Outro aspecto importante da cultura está relacionado a produção e o consumo de grãos verdes que representam um mercado altamente promissor para o feijão-caupi, apresentando-se com uma excelente opção de renda para os agricultores familiares (ROCHA et al., 2007). Suas folhas e ramos podem ser utilizadas como complemento na alimentação animal e sua massa verde pode ser incorporada aos solos, sendo utilizada como fonte de matéria orgânica (VIEIRA et al., 2000). Razão pela qual, esta cultura tornou-se uma importante fonte de emprego e renda regional.

A produção de grãos verdes tem um grande potencial para a expansão do consumo, como também para processamento industrial, especialmente, quando produzido na entressafra, por ocasião do uso da irrigação, momento em que o produto alcança elevados preços no mercado (FREIRE FILHO et al., 2007). O feijão trepa-pau como é bem conhecido no Tocantins, é uma excelente fonte de renda extra nesta fase, pois normalmente ele é comercializado em molhos contendo de 20 a 30 vagens por molho, ou por litro de grãos verdes debulhado. O preço pago ao produtor é em torno de R\$ 7,00 o molho ou até R\$ 10,00 o litro de grãos verdes debulhados.

Em virtude de suas características de rusticidade e precocidade é considerada uma planta adaptada as condições de clima semiárido, sendo amplamente cultivada nos perímetros irrigados do nordeste (OLIVEIRA *et al.*, 2002). No Tocantins o feijão caupi é normalmente cultivado em pequenas áreas quase sempre consorciado com outras culturas, principalmente com milho ou mandioca, ou em sucessão aos cultivos da soja, do milho e do sorgo.

O sucesso das lavouras de feijão caupi está diretamente relacionado ao planejamento do processo produtivo da cultura, à qualidade das sementes e insumos, aos tratos culturais, às questões climáticas, aos preços de comercialização dos grãos e aos custos de produção, para uma correta tomada de decisões (RICHETTI e ITO, 2015).

3.2. Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*Zeamays* L.) pertence à família *Poaceae* e possivelmente, é originário do Continente Americano, pois neste se encontram os seus parentes selvagens mais próximos (*Zeamays mexicana* ou teosinte e espécies do gênero *Tripsacum*) e, foi o principal cultivo de importantes civilizações, como a dos astecas, maias e incas (PATERNIANI e CAMPOS, 2005).

O Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor mundial de milho. A produção de milho na safra 2017/18, fechou em torno de 81,357 milhões de toneladas sendo cultivado em uma área de aproximadamente 16,637 milhões de hectares, uma redução de 16,8 e 5,4% respectivamente, sobretudo, pela falta de preço do milho na segunda safra (Conab, 2018). Na forma de milho-verde, a cultura assume um importante papel no desenvolvimento socioeconômico, desde o combate a desnutrição até a geração de empregos diretos e indiretos devido a grande área cultivada no mundo.

A cultura do milho ocupa posição de destaque entre as atividades agropecuárias do Brasil, por apresentar maior frequência entre os cultivos agrícolas nas propriedades rurais e por seu valor de produção. Ao mesmo tempo, é importante fonte de renda para os agricultores e destacado insumo (matéria-prima) para setor pecuário, em especial ao setor granjeiro, pois compõe parcela majoritária das rações (CRUZ *et al.*, 2011).

O Estado do Tocantins tem na agricultura sua principal fonte econômica, de acordo com a CONAB (2017), em seu boletim de 4º levantamento anual de grãos, dentre as culturas agrícolas cultivadas na safra 2016/2017, a soja teve participação de 70,6% do

total da área plantada, permanecendo como a principal cultura semeada no Estado, seguida do milho em grãos e arroz em casca, com participação de, respectivamente, 14,7% e 9,2%. Para a safra 2017/2018, a quantidade da produção de grãos no Estado do Tocantins ficou próxima de 4.497,7 mil toneladas, o que é 1,0% inferior à safra 2016/2017. Assim como em área plantada, a soja permanece como a principal cultura em termos de participação no total de grãos produzidos no Tocantins. A soja representa 63,4% da produção total, seguido do milho em grãos (19,6%), do arroz em casca (14,4%).

As lavouras de milho no Tocantins estão localizadas principalmente nos municípios que ficam nas divisas com o Oeste da Bahia e Sul do Maranhão. O plantio é mais intenso em outubro (CONAB, 2016). Vale ressaltar que estes períodos são mantidos quando não ocorrem anormalidades climáticas. Ocorrendo falta de chuvas na região essas datas podem ser modificadas, passando o calendário seguir a época das chuvas.

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão em duas épocas de plantio. O plantio de verão, ou primeira safra, realizado tradicionalmente durante o período chuvoso, variável de acordo com cada região do Brasil. E plantio de segunda safra ou safrinha. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, cultivado extemporaneamente em fevereiro ou março, quase sempre em sucessão a soja precoce, prática comum nas principais regiões produtoras de grãos no país. Verifica-se, nas últimas safras, um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, que tem sido compensado pelo aumento dos plantios na safrinha e pelo aumento do rendimento agrícola das lavouras de milho (CRUZ et al., 2011).

3.3. Milho Verde

A cada ano que passa as condições climáticas adversas impõem um ritmo cada vez mais acelerado na busca de novas tecnologias de produção para a readequação dos cultivos agrícolas a estas variações. O uso de tecnologias associadas à irrigação vem aumentando a cada ano, sobretudo, na produção de milho verde, promovendo alterações nas formas de manejo das lavouras, com o maior número de cultivos e culturas envolvidas por ano em uma mesma área, essas novas estratégias são uma forma de compensar os altos investimentos realizados.

De acordo com Pavinato et al. (2008), esta expansão das lavouras irrigadas requer maiores investimento em pesquisas, com o objetivo de suprir a demanda crescente de

conhecimento com relação ao manejo de irrigação e alcançar elevadas produtividades, sem perder de vistas o retorno econômico satisfatório.

A crescente demanda de milho verde de qualidade obrigou as empresas produtoras de sementes de milho para grãos a desenvolver cultivares que atendam as exigências do mercado consumidor quanto às seguintes características: grãos dentados amarelos, espigas grandes e cilíndricas, sabugo branco, boa granação, pericarpo delicado e bem empalhadas, com longevidade de colheita (PEREIRA FILHO et al., 2002).

O cultivo de milho destinado à produção de milho verde vem aumentando de forma significativa a cada ano em função de sua lucratividade, visto que, na forma de grãos verdes, o valor de comercialização é maior, quando comparado com o milho na forma de grãos secos. (Cruz et al., 2006).

As espigas colhidas no estágio verde podem ser comercializadas com ou sem palha. O comprimento e diâmetro da espiga sem palha são atributos importantes, sendo consideradas comercializáveis as espigas que apresentam comprimento maior que 15 cm e diâmetro maior que 3 cm (PAIVA JUNIOR et al., 2001).

Diversos estudos envolvendo a obtenção e a recomendação de cultivares de milho, melhor manejo cultural e o efeito das condições edafoclimáticas na expressão do potencial genético da semente têm recebido bastante atenção da comunidade científica. Entretanto, informações sobre o cultivo do milho verde para consumo *in natura* são escassas, principalmente no que diz respeito à obtenção de cultivares e melhor manejo (ALBUQUERQUE et al., 2008).

O cultivo do milho verde se realiza durante todo ano sendo, praticamente uma atividade quase que exclusiva de pequenos e médios agricultores, responsáveis pela colocação do produto no mercado, desde que sejam satisfeitas as exigências hídricas da cultura por meio de irrigações suplementares nos períodos de déficit hídrico. Entretanto, o mercado de milho verde tem-se apresentado muito desuniforme em relação às espigas comercializadas, mostrando que para os produtores ainda carecem de informações a respeito das cultivares mais apropriadas comercialmente (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Como se sabe, a disponibilidade de água é o fator que com maior frequência e intensidade afeta o rendimento da cultura do milho. No Nordeste brasileiro, devido à irregularidade da precipitação pluvial e ao manejo inadequado da irrigação, sujeito a períodos de deficiência hídrica, resultam em baixas produtividades (MOURA et al., 2006). Por isso a irrigação desta cultura, dentre outras, é uma alternativa viável, importante para

otimizar a produção de alimentos, promovendo desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda, principalmente para pequenos produtores dessa região. (SILVA et al., 2012; LUNA et al., 2013).

No tocante à rentabilidade econômica do milho comercializado no estágio verde, observa-se superioridade nos lucros quando comparada ao milho comercializado em grãos secos. Ante toda esta particularidade, os números relativos à produção de milho verde são bem modestos quando comparados aos de milho para a produção de grãos secos. Contudo, o cultivo de milho verde no Brasil tem aumentado devido ao valor agregado ao produto e seus derivados (VIEIRA et al., 2010).

Outros aspectos importantes a serem considerados na escolha de cultivares para produção de milho verde são o empalhamento das espigas e a coloração do grão. Existe uma preferência por cultivares que apresentam espigas bem empalhadas de coloração verde intensa, o que deixa o produto menos susceptível ao ataque de pragas, além de auxiliar na sua conservação.

A produção de milho verde no Tocantins está concentrada nas pequenas propriedades rurais da agricultura familiar e nas regiões do perímetro irrigado dos projetos hidroagrícolas - São João em Porto Nacional e Manuel Alves em Dianópolis. Grande parte da produção de hortifrúti no Estado é proveniente destas áreas irrigadas, graças ao uso das tecnologias e, sobretudo, a irrigação é possível se ter garantia de oferta de produtos frescos o ano todo. Para os produtores de milho verde, esta alternativa garante a manutenção da família no campo e contribui para a geração de emprego e renda (Segro, 2016).

3.4. Sistema de Consórcio milho e feijão-caupi

O sistema de consórcio de culturas, é o sistema de cultivo tradicional nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento dos trópicos e, consiste no plantio de duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas concomitantemente na mesma área. Elas não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo, mas, durante apreciável parte de seus períodos de desenvolvimento, há simultaneidade, forçando uma interação entre elas (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Segundo CARNEIRO et al. (2015), há diferentes sistemas de consórcios, tais como, cultivos mistos que consistem em plantio simultâneo de duas ou mais culturas na

mesma área, sem organizá-las em fileiras distintas (normalmente a lanço); cultivos intercalares consistem no plantio simultâneo de duas ou mais culturas na mesma área, com pelo menos uma das culturas plantada em fileiras; cultivos em faixas são baseados no plantio simultâneo de duas ou mais culturas na mesma área, em faixas diferentes, suficientemente amplas para permitir o manejo independente de cada cultura, mas bastante restrita para possibilitar a interação entre elas; Nos cultivos de substituição uma é plantada depois que a cultura anterior alcance a fase reprodutiva de crescimento, mas ainda não tenha atingido o ponto de colheita.

Nesses cultivos consorciados ocorre competição por luz, nutrientes, água e outros fatores envolvidos no crescimento e produção das culturas. A competição depende das espécies envolvidas, dos seus sistemas radiculares e das disponibilidades de água, nutrientes e oxigênio (COSTA e SILVA, 2008).

Ao ser cultivado em sistema consorciado a produtividade de grãos é reduzida independentemente dos sistemas, quando comparado ao monocultivo (Alves et al., 2009; Albuquerque et al., 2012). No entanto, o desenvolvimento de tecnologias de ponta para auxiliar na agricultura, como o uso de cultivares mais produtivas, mais tolerantes ao estresse hídrico e resistente às doenças, além de mudanças no manejo produtivo das culturas como a manutenção da cobertura morta no solo ou ainda, a introdução de espécies vegetais com o intuito de aumentar a biomassa disponível para o solo aliados à tecnologias de irrigação tem modificado significativamente esta realidade ao longos das últimas décadas.

Essa prática permite ao pequeno agricultor diversificar sua produção e explorar o solo de modo mais intensivo (BLANCO et al., 2011). Tendo como vantagens em comparação ao monocultivo, a possibilidade de redução de pragas e doenças no cultivo em consórcio (ALVES et al., 2009); o aumento da produtividade por unidade de área (MATTOS et al., 2005); funciona como prática vegetativa de controle da erosão e controla plantas invasoras pelo fato de deixar o solo coberto (DEVIDE et al., 2009); proporciona muitas das vezes, maior lucro e diversificação da fonte de renda principalmente para o pequeno produtor (ALVES et al., 2009).

Portanto, a otimização de recursos naturais, sem, contudo perder de vistas os altos rendimentos com baixos custos de produção têm sido uma das metas da pesquisa agropecuária mundial, e os sistemas de consórcios com culturas de interesse

agronômico, apresentam-se como uma alternativa viável, tanto do ponto de vista ecológico, quanto da perspectiva econômica.

De acordo com CARNEIRO et al. (2015), as principais vantagens dos sistemas de consórcio que beneficiam, sobretudo os agricultores familiares são: permite o uso mais intensivo da limitada área que possuem; reduz o risco de insucesso cultural e de modo geral propicia maiores retornos do que nos estandes puros.

SANTANA (2009) acrescenta que o consórcio de culturas, quando comparados aos monocultivos, destaca-se por otimizar a utilização da mão de obra, uma vez que os tratos culturais quando são realizados beneficiam as duas culturas, otimizando assim os insumos empregados no manejo e na própria mão de obra, além de melhorar a distribuição temporal da renda pela diversificação da produção.

De acordo com DIMA et al. (2007), a eficiência e a vantagem de um sistema consorciado dependem fundamentalmente da complementaridade entre as culturas componentes. Vários fatores podem ter impacto significativo no rendimento e na taxa de crescimento das culturas componentes em consorciação, com destaque para a competição entre as culturas, o tipo de cultivar semeada, o arranjo espacial de plantio, entre outros.

A utilização de consórcio, aliado a diferentes arranjos espaciais, permitem acréscimo no rendimento das culturas, principalmente da agricultura de autoconsumo, pois, com o aumento da população de plantas por área, ocorre acréscimo no rendimento de grãos, até atingir um patamar ideal, que é pré-determinado pelo genótipo das culturas, bem como pelas condições edafoclimáticas (SANTOS, 2008).

Para SANTOS (2007), os cultivos consorciados proporcionam mais vantagens agronômicas e econômicas que os sistemas solteiros, demonstrando ser o consórcio uma excelente alternativa para os pequenos agricultores. Os cultivares de milho e feijão disponíveis no mercado são adaptados para a condição de cultivo exclusivo e quando em consórcio apresentam diferenças de desempenho agrônomo.

CARNEIRO et al. (2015) apontam que, uma grande desvantagem do sistema de produção em consórcio está no impedimento da utilização, em maior grau, de técnicas agrícolas mais eficientes e capazes de conduzir a altos rendimentos culturais. À medida que o nível tecnológico da agricultura evolui, as culturas consorciadas se tornam crescentemente mais difíceis de serem manejadas, principalmente quando a mecanização é introduzida.

A diversificação cultural, por meio do consórcio milho e caupi, assegura maior lucratividade e reduz riscos associados às sazonalidades, como também favorece equilíbrio químico do solo evitando gastos desnecessários com fertilização (NUNES, 2008).

GUEDES et al. (2010) avaliando o desempenho agrônômico de diferentes tipos de consórcio entre feijão-caupi e milho, em sistema orgânico de produção, observaram que o consórcio com o feijão-caupi não interferiu no desempenho do milho, com relação à produtividade em espigas verdes, independentemente do intervalo de tempo entre semeaduras. Estes autores observaram ainda, que os componentes produtivos do milho verde como: diâmetro basal, o comprimento da espiga verde desempalhada, o rendimento em peso total de espigas verdes desempalhadas e número de espigas por unidade de área cultivada não diferiram entre si, e também não sofreram influência da introdução do feijão-caupi em quaisquer dos tipos de consórcio avaliados. Esses resultados indicaram, portanto, que os sistemas de consórcio, nas condições estudadas, não ofereceram risco de perdas na produtividade do milho.

BEZERRA et al. (2007), objetivando avaliar o efeito dos consórcios sorgo + feijão-caupi e sorgo + milho sobre a produção de grãos, seus componentes e uso eficiente da terra, verificaram que o melhor arranjo nesses consórcios ocorreu quando as fileiras das culturas foram dispostas de forma alternada. No consórcio feijão-caupi x sorgo, os componentes de produção do feijão não foram alterados significativamente pelos diferentes arranjos das fileiras e nos consórcios avaliados. Bem como, o milho também não teve seus componentes de produção (comprimento de espigas, massa de espigas, produtividade) afetados pelos diferentes arranjos e no consórcio milho x sorgo.

Devide et al. (2009), avaliando a produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico, concluíram que, a inclusão do milho, cultivado nas entrelinhas alternadas da mandioca, após a primeira capina, não interferiu na produção comercial de raízes. E a colheita de espigas verdes com padrão de mercado significa potencial de renda adicional ao agricultor, com melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, inclusive justificando a irrigação. Observaram ainda que, o cultivo simultâneo do caupi, nos arranjos espacial e temporal adotados, não exerceu influência negativa na produtividade da mandioca ou do milho e agregou N ao solo. E ainda, o consórcio triplo mandioca + milho + caupi é recomendável, nas condições do estudo, tendo por base a contribuição da fabácea - leguminosa - em termos de aporte de matéria

orgânica e de nutrientes, além da cobertura do solo e do consequente potencial de controle à erosão.

FLESCH (2002) avaliando os efeitos de arranjos e épocas de semeadura de feijão e milho em cultivo consorciado observou que a variação espacial e temporal entre milho e feijão consorciados influencia o rendimento de grãos dessas culturas. E ainda, corroborando com outros autores, infere que para a obtenção de um alto rendimento de grãos num sistema consorciado, a principal cultura deve manter uma alta densidade populacional.

3.5. Avaliação da eficiência do consórcio

Existem inúmeros métodos de se avaliar a eficiência dos consórcios culturais. Um deles, talvez o de maior interesse para os pequenos agricultores familiares – os principais usuários do sistema, é a quantidade de alimento entre as duas culturas produzida por unidade de área, ou Índice de Equivalência de Área (IEA) definido por Teixeira et al. (2005), também denominado de Uso Eficiente da Terra (UET). Outro é o lucro gerado pelo sistema (CARNEIRO, et al., 2015).

O IEA quantifica o número de hectares necessários para que as produções dos monocultivos se igualem à de um hectare das mesmas culturas em associação. É, portanto, calculado do seguinte modo:

$$IEA = \frac{A_c}{A_m} + \frac{B_c}{B_m} = I_A + I_B \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

A_c e B_c são os rendimentos das culturas A e B no consórcio;

A_m e B_m seus respectivos rendimentos em monocultivo;

I_A e I_B os índices individuais dessas culturas.

O consórcio será eficiente quando o IEA for superior a 1,0, mas prejudicial à produção quando inferior a 1,0.

GUEDES et al. (2010) avaliaram o desempenho agrônômico de diferentes tipos de consórcio entre feijão-caupi e milho e o índice de equivalência de área. Esses autores observaram que os valores relativos aos Índices de Equivalência de Área (IEA) foram

todos superiores a 1,0, assim indicando que os sistemas de consórcio entre as culturas de feijão-caupi e milho foram eficientes. Isto significa que os cultivos solteiros exigiriam até 67% a mais em termos de área plantada para igualar a produção obtida com o cultivo consorciado.

TEIXEIRA et al. (2011) avaliando o desempenho agrônômico de cultivares de feijão-comum consorciado com mamona, concluíram que o IEA foi superior a 1 (um) para todas as cultivares de feijão-comum consorciadas com mamona, indicando a superioridade do consórcio.

CORRÊA et al. (2006) avaliando o Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero, observaram que todas as combinações do consórcio proporcionaram incrementos no rendimento de grãos tornando positivo o uso eficiência da terra (UET) com valores que variaram de 1,08 a 1,45 em relação aos respectivos cultivos solteiros. E a consorciação da cultivar Nordestina com o caupi proporcionou a maior vantagem em rendimento, com aumento de 45 % em relação ao plantio solteiro significando que o consórcio apresentou mais eficiência no uso da terra em relação aos plantios isolados.

3.6. Aspectos gerais da Irrigação

Grande parte das operações que envolvem a produção agrícola no país, como o preparo do solo e plantio/semeadura das culturas agrícolas ocorrem na chamada estação das águas, sobretudo, devido a dependência dos cultivos à disponibilidade hídrica do período, e uma vez que a maioria dos agricultores brasileiros não dispõe do uso de tecnologias de irrigação para suprir as necessidades hídricas das culturas.

O mês de outubro é considerado como o início da estação chuvosa para a maioria dos Estados brasileiros, bem como para o Estado do Tocantins, porém poucas ocorrências de chuvas foram registradas no Estado para este mês no período estudado. Já em novembro as chuvas começaram a ocorrer com boa intensidade para a maioria das regiões produtoras, porém a má distribuição não permitiu um bom avanço do plantio, visto que para algumas regiões ainda haviam registrado baixos volumes pluviométricos na primeira quinzena de novembro (CONAB, 2017).

Elevado grau de riscos e incertezas tem sido uma constante na atividade agrícola, sejam por variações naturais de fatores que afetam o desenvolvimento de culturas, tais

como fatores climáticos – chuva e temperatura, ou pela ação ou interferência de fatores bióticos como, incidência de pragas, de doenças, de plantas daninhas e de outros fatores de produção. Pesquisas tem demonstrado a eficiência na adoção de práticas agrícolas, como manejo adequado do solo, rotação de culturas e irrigação, entre outras, que podem diminuir significativamente os níveis de risco na produção agrícola.

Geralmente as oscilações nas safras das culturas agrícolas, estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que consistem na fase de germinação, início da floração e início da fase de enchimento de grãos (Bergamaschiet al., 2004).

Portanto, a disponibilidade hídrica é um dos fatores ambientais que mais influenciam a produtividade vegetal. A ocorrência de déficit hídrico provoca diminuição da produtividade justamente por inviabilizar o processo fotossintético, uma vez que a água, além de ser componente básico da reação, também é responsável pela manutenção da transpiração, essencial para a permeabilidade do gás carbônico no mesófilo foliar (Buchanan et al., 2000).

A adoção de novas tecnologias de produção por pequenos e médios produtores tem contribuído sistematicamente para o aumento da produtividade das culturas agrícolas no Brasil, especialmente o milho-verde que ainda possui uma produção pouco significativa frente ao agronegócio nacional, no entanto, é cultivado em praticamente todo o país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde este produto tem presença garantida na dieta básica alimentar de grande parte das populações dessas regiões. (EMBRAPA; CALDARELLI; BACCHI, 2012). Dentre essas tecnologias, destaca-se a irrigação, que permite disponibilizar água as culturas no momento certo e na quantidade adequada, proporcionando conseqüentemente aumento na produtividade.

A irrigação normalmente é uma forma de suprir a necessidade hídrica das culturas nos períodos que não ocorrem chuvas, visando garantia e aumento da produtividade. Porém esta utilização pode não ser benéfica do ponto de vista econômico, podendo aumentar consideravelmente os custos de produção.

Segundo Figueiredo et al. (2008), uma irrigação ótima, sob o foco econômico e ambiental, implica na aplicação de menores lâminas por maiores períodos de tempo (irrigação localizada) do que na irrigação plena (grandes volumes em menor tempo, normalmente ofertada pelo método de aspersão convencional), mesmo com a conseqüente redução de produtividade, mas com alguma vantagem econômica

significativa. Esses benefícios potenciais advêm de três aspectos principais: aumento da eficiência da irrigação, redução dos custos e redução dos riscos associados aos impactos ambientais, em comparação à irrigação plena.

Apesar do seu alto potencial produtivo, o milho-verde apresenta uma elevada sensibilidade ao déficit hídrico, o que torna importante o uso da irrigação nos meses mais secos e em regiões com escassez ou irregularidades das precipitações pluviais. De acordo com Nascimento et al. (2015), em experimento realizado no município de Teresina-PI, o déficit hídrico reduz linearmente o índice de área foliar e o teor de clorofila e conseqüente redução na produção de espigas verdes.

A resposta dos cultivares de caupi à irrigação em geral é elevada cuja produção é direcionada a grãos verdes e grãos secos (Alves et al., 2009). Porém, para um manejo correto de irrigação deve-se levar em consideração a lâmina de água adequada para bom suprimento hídrico, evitando estresse à cultura o qual possa afetar o crescimento das plantas e os componentes de produção (Bezerra et al., 2003).

De acordo com Bastos et al. (2011), o déficit hídrico reduz em 20% o índice médio de área foliar, 16% o índice médio de clorofila, 17% o número médio de vagens por planta e em 60% a produção de grãos secos em genótipos de feijão-caupi sob déficit hídrico em Teresina-PI.

Oliveira et al. (2011) avaliando o efeito da irrigação e doses de fósforo sobre o feijão-caupi cultivado em campo e em casa de vegetação, observaram que a menor lâmina de irrigação aplicada, 187 mm, reduziu em 43,3% a produção de grãos quando comparado com a maior lâmina 273 mm.

3.7. Eficiente no uso da água na agricultura

A água é um recurso que deve ser utilizado para benefício do homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e a oferta hídrica dos cursos de água. A utilização sustentável não é alcançada com uma exploração de “mineração” que acaba exaurindo o próprio recurso. O uso desregrado de uma fonte, mesmo que renovável, propicia o desperdício, a ineficácia e, fatalmente, o alto custo, comprometendo os usos de gerações futuras (PNUEA, 2012).

Embora a água seja abundante na terra, menos de 1% é água doce apta para o consumo humano e para utilização na agricultura. Além disso, a água de boa qualidade disponível não está distribuída uniformemente (CONCENÇO et al., 2007).

A demanda cada vez maior de água para suprir as necessidades da sociedade, requer soluções que passem por alternativas de menor impacto, tanto financeiro como ambiental, quando se busca estratégias de proteção do recurso por eficiência no seu uso (PNUEA, 2012).

Segundo ALBUQUERQUE et al. (2010), a água e a energia elétrica continuam sendo utilizadas na agricultura como insumos essenciais para produção das culturas. Assim, a irrigação é considerada a atividade da agricultura que mais consome energia elétrica comparada às demais atividades agrícolas.

Os principais usos da água na agropecuária se dão por meio da irrigação e da dessedentação animal, que estão entre os usos consuntivos previstos pela legislação. Tendo em vista que o setor agropecuário utiliza entorno de 70% dos recursos hídricos disponíveis no país, faz-se necessário adotar medidas que viabilizem o uso racional desse recurso indispensável para a manutenção da vida.

Assim, o uso eficiente da água tem menor impacto sobre o ambiente e liberta as utilizações de custos desnecessários, que poderão ser reinvestidos nos próprios sistemas, beneficiando-os em seguida (PNUEA, 2012).

De acordo com ALBUQUERQUE et al. (2010) existem dois pontos principais na agricultura irrigada, a uniformidade de distribuição da água pelo sistema e a programação da irrigação ao longo do cultivo da cultura. O primeiro ponto está intimamente ligado a alguns fatores climáticos de interferência (como vento, umidade relativa do ar etc.) e às características hidráulicas do sistema de irrigação. A programação da irrigação feita pelo agricultor de forma empírica acarreta, muitas vezes, a aplicação de água em excesso ou em falta, normalmente prevalecendo o excesso.

Estes mesmos autores relatam ainda que a maioria dos produtores faz isso por desconhecimento sobre o assunto, devido ao alto grau de dificuldade e complexidade das técnicas disponíveis que não são de fácil assimilação; ou por não existir cobrança pela água utilizada.

No MATOPIBA, região do norte/nordeste brasileiro marcada pela expansão das atividades agrícolas em áreas de cerrado, baseada em tecnologias de alta produtividade,

há uma grande oferta hídrica na estação chuvosa, seguida por um período de seca que chega a durar 150 dias (MIRANDA et al., 2014).

A denominação MATOPIBA resulta das siglas dos estados envolvidos na sua delimitação: MAranhão, TOcantins, Plauí, e BAhia (MIRANDA et al., 2014).

Segundo a Secretaria Nacional de Irrigação, do Ministério da Integração Nacional, o Tocantins é o estado que conta com a maior quantidade de solos aptos para desenvolvimento da agricultura irrigada: mais de 4 milhões de hectares. Porém, nem 10% desse potencial para irrigação é utilizado (EMBRAPA, 2015).

Quando se fala em recursos hídricos no MATOPIBA, remete-se obrigatoriamente a Bacia do Rio Tocantins que ocupa 43% da área, seguida da Bacia do Atlântico, com 40%, e da Bacia do Rio São Francisco, com 17%. Os rios Tocantins, Araguaia, Parnaíba, São Francisco, Mearim, Itapicuru, Gurupi e Pindaré são rios muito importantes (MAGALHÃES e MIRANDA, 2014).

Existem novas formas de cultivo que utilizam menos água e de forma mais eficiente, em sistemas de produção irrigados, podem ser utilizadas técnicas de irrigação deficitária, onde a demanda hídrica da planta não é plenamente atendida, mas somente o mínimo economicamente viável. Assim, se faz necessário a execução do manejo adequado do potencial de água no solo, utilizando sensores capazes de identificar os limites estabelecidos como suas capacidades mínima e máxima de retenção de água (EMBRAPA, 2015).

Outra estratégia para usar menos água na produção irrigada é o uso de sistemas mais eficientes em sua condução, como a irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), que têm eficiência maior que 90%, ao invés de sistemas menos eficientes, como canhão autopropelido, com eficiência menor que 80% (EMBRAPA, 2015).

A quantidade de água evapotranspirada por uma cultura para a produção de certa quantidade de matéria seca é caracterizada como eficiência do uso da água. Desta forma, culturas mais eficientes no uso desta água irão produzir maior quantidade de matéria seca por cada grama de água transpirada (BAPTISTA et al., 2001).

O tempo que a planta fica com os estômatos abertos para absorver CO₂ para realizar o processo fotossintético relaciona-se de forma direta com o seu uso mais eficiente da água, pois durante esta abertura estomática a planta perde água para a atmosfera através da transpiração. Esta perda tem intensidade variável e depende do

gradiente de potencial hídrico entre a superfície da folha e a atmosfera (PEREIRA NETTO et al., 2002).

Quando as plantas estão submetidas à alta competição, as características fisiológicas do crescimento e desenvolvimento normalmente são alteradas, o que resulta em diferenças no aproveitamento dos recursos do ambiente, principalmente no uso da água, que influencia de modo direto a disponibilidade de CO₂ no mesófilo foliar e a temperatura da folha e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética da planta (CONCENÇO et al., 2007).

A utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (Liu e Stuzel, 2004; Puppala et al., 2005). Nesse contexto, as pesquisas devem ser direcionadas para alcançar altos valores do índice de produção equivalente e da EUA, sem redução acentuada da produtividade (Gao et al., 2009; Detar, 2009; Murtaza et al., 2006).

3.8. Lâminas de irrigação e produção

É muito importante se conhecer a resposta da cultura ao déficit hídrico quando se busca produtividade, sendo importante também saber a relação entre o consumo de água e a produtividade (NASCIMENTO et al., 2004).

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, pode-se observar uma grande variação na produção de um ano para outro. (AZEVEDO et al., 2011).

Segundo FUSCALDI e PRADO (2005), o baixo uso de tecnologia, a possibilidade de ocorrência de déficit hídrico e a suscetibilidade a pragas e doenças são alguns dos fatores que fazem do feijão uma cultura de risco. Por isso, em alguns anos, a produção é alta e, em outros, há redução de safras. Todavia, a diversidade fisiográfica do País e a adaptação do feijoeiro a diversas condições de clima e solo tornam possível explorar a cultura em três épocas diferentes no mesmo ano, reduzindo os intervalos de entressafra e aumentando a estacionalidade dos preços ao longo do ano.

ANDRADE JÚNIOR et al. (2002), avaliando o efeito de diferentes níveis de irrigação sobre os componentes de produção e a eficiência no uso da água para dois cultivares de feijão-caupi em monocultivo, observaram que as variáveis Número de Vagens por Planta – NVP e Produção de Grãos – PG, apresentaram efeito de interação cultivar versus lâmina de irrigação, enquanto a Massa de Cem Grãos – MCG e a Eficiência no Uso da Água – EUA responderam positivamente ao efeito de cultivar e lâmina de irrigação, isoladamente. A cultivar BR 17 Gurguéia mostrou-se mais eficiente na utilização do fator água para a produção de grãos em relação a cultivar BR 14 Mulato. Este comportamento é um reflexo do potencial produtivo diferenciado das cultivares de feijão-caupi em resposta à irrigação.

BASTOS et al. (2012), avaliando os parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico, concluíram que a produtividade de grãos verdes se correlaciona positivamente com o potencial de água da folha, o índice de área foliar e o teor de clorofila total. E por sua vez, estes parâmetros são influenciados negativamente pela redução das lâminas de irrigação.

SOUZA et al. (2010), avaliando a eficiência do uso da água pelas culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro, observaram que a maior lâmina de irrigação (125% da ETo) promoveu incrementos significativos na produção de grãos do milho, nos dois sistemas de plantio. Verificou-se ainda nas condições avaliadas que a relação entre a produção de grãos da cultura do milho em função da lâmina de irrigação foi linear, este comportamento induz a afirmação de que a cultura ainda poderia proporcionar maiores valores de produção com o aumento da lâmina aplicada.

No entanto, para o feijão-caupi em sistema de plantio exclusivo SOUZA et al. (2011), verificaram que a aplicação da lâmina de 100% da ETo resultou em maior produtividade de grãos. Enquanto, a aplicação da lâmina de 125% da ETo resultou em produtividade menor, indicando aplicação excessiva de água. No sistema consorciado, a produção foi crescente com o incremento de água e os maiores rendimentos foram obtidos com a lâmina de 125% da ETo, que proporcionou produtividade mais acentuada..

FERREIRA et al. (2010) ao avaliarem a performance produtiva e as medidas de eficiência técnica e econômica do consórcio milho x feijão-caupi em resposta à disponibilidade hídrica do solo, observaram um comportamento decrescente nos componentes de produção dessas culturas em função das lâminas totais de irrigação. O

componente de produção que apresentou maior variabilidade positiva em resposta ao aumento da lâmina de irrigação e com implicação direta no aumento de produtividade de grãos foi o número de vagens por planta (NVP).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e Caracterização dos Experimentos

Os experimentos foram conduzidos em dois locais distintos e em períodos distintos: o experimento 1 foi desenvolvido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Colinas do Tocantins, nas Coordenadas Geográficas 8° 3' 00" S e 48° 28' 00" W, no período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 (safra 2016/2017) e o experimento 2 foi desenvolvido na sede da Fazenda Esperança, no período de setembro de 2017 a dezembro de 2017 no município de Pedro Afonso – TO, nas Coordenadas Geográficas 8° 57' 36" S e 48° 10' 48" W.

A figura 1, mostra no mapa do Estado do Tocantins a localização dos municípios de Colinas do Tocantins e Pedro Afonso onde foram desenvolvidos os experimentos 1 e 2, respectivamente.

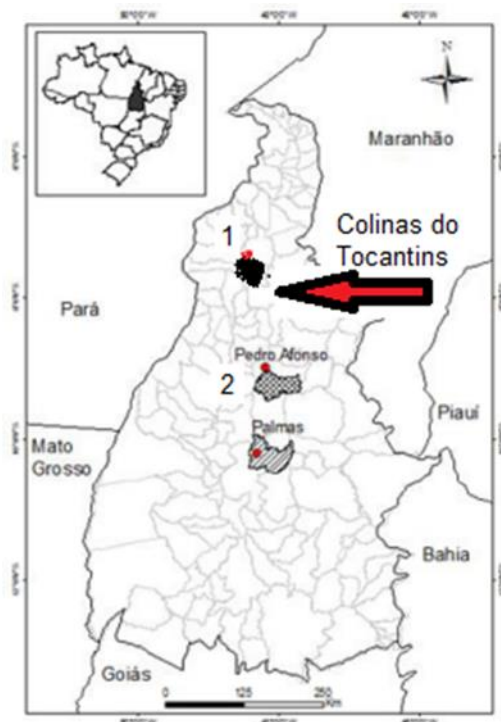


Figura 1. Localização dos municípios de Palmas, Pedro Afonso e Colinas do Tocantins no Estado do Tocantins. Fonte: Alves (2014).

4.2. Caracterização do experimento 1

O clima do local é caracterizado como Aw (Clima Tropical) segundo a classificação de Köppen e Geiger.(1948), A temperatura média em Colinas é de 26,2 °C e a pluviosidade média anual é 1843 mm. Com verão chuvoso e inverno seco.

O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA 2013). e Classe Textural Franco Arenosa (MANHÃES, et al. 2016).

O preparo do solo consistiu na realização de duas gradagens sendo uma no momento da aplicação do calcário para sua incorporação e a outra aos 90 dias depois para nivelamento e eliminação de plantas daninhas no local. A adubação de base foi realizada a partir da interpretação dos resultados da análise de solo de acordo com (EMBRAPA, 1998).

Na área do experimento, foram coletadas 40 amostras simples de solo, sendo 20 na profundidade de 0-20 cm e 20 na profundidade de 20 – 30 cm por meio de trado do tipo caneco fechado de 3” para coleta de solo. Após a coleta as amostras foram

homogeneizadas formando-se uma amostra composta e encaminhadas ao laboratório de análise de solo (Tabela 1).

Utilizou-se a cultivar de feijão-caupi Sempre Verde BRS Rouxinol, o sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento com emissores espaçados por 0,25 m. A semeadura foi realizada em 23 de novembro de 2016.

O sistema de cultivo de feijão-caupi foi implantado no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, e duas plantas por cova com uma densidade média de 80.000 plantas ha⁻¹.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo para macronutrientes Experimento 1. Conduzido em Colinas do Tocantins – TO 2016/2017.

Amostra (cm)	pH (H ₂ O)	cmol _c /dm ³ (meq/100mL)					mg/dm ³ (ppm)			
		Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P	S
0 – 20	6,5	1,00	0,60	0,40	0,2	3,54	0,16	61,4	2,9	3,5
20 - 30	6,0	0,60	0,33	0,27	0,3	2,06	0,12	46,9	2,6	3,3

Tabela 2. Resultados da análise química do solo para micronutrientes Experimento 1. Conduzido em Colinas do Tocantins – TO 2016/2017.

Amostra (cm)	%	g/dm ³	Micronutrientes mg/dm ³ (ppm)				
			Mat. Org.	Mat. Org.	Zn	B	Cu
0 – 20	0,1	1,2	0,1	0,1	0,3	95,3	5,0
20 - 30	0,1	1,3	0,1		0,2	114,1	1,5

Tabela 3. Resultados da análise química do solo para as relações macronutrientes e CTC Experimento 1. Conduzido em Colinas do Tocantins – TO 2016/2017

Amost. (cm)	Dados complementares					
	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC
0 – 20	3,8/1	2,5/1	12,8	8,5	3,3	75,4
20 - 30	2,8/1	2,3/1	11,9	9,7	4,3	74,1

Tabela 4. Resultados da análise textural do solo Experimento 1. Conduzido em Colinas do Tocantins – TO 2016/2017.

Amost. (cm)	Dados complementares			Análise Textural		
	CTC	V	M	Areia	Silte	Argila
				g kg ⁻¹		
0 – 20	4,7	24,6	14,7	160	80	760
20 - 30	2,8	25,9	25,8	160	80	760

Todas as despesas provenientes do experimento 1 desenvolvido em Colinas do Tocantins – TO estão descritos no Projeto Físico Financeiro conforme o Quadro 1A do Apêndice 2, nele constam despesas com insumos, equipamentos e serviços utilizados na pesquisa. Os valores obtidos foram projetados para 1 ha de feijão-caupi irrigado por gotejamento no município de Colinas do Tocantins – TO no ano agrícola 2016/2017 (Apêndice 2).

4.3. Caracterização do Experimento 2..

O clima do local é caracterizado como Aw (Clima Tropical) segundo a classificação de Köppen e Geiger (.1948) A temperatura média em Pedro Afonso é de 26.7 °C e a pluviosidade média anual é 1798 mm. Com verão chuvoso e inverno seco.

O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA 2013). e Classe Textural Argilosa (MANHÃES, et al. 2016).

A adubação de base foi realizada a partir da interpretação dos resultados da análise de solo. Não foi realizado preparo do solo, uma vez que a área utilizada no experimento vem sendo explorado no sistema de plantio direto pelo proprietário da fazenda, anualmente tem sido desenvolvido cultivos sucessivos em rotação de culturas como a melancia, a soja e mais recentemente, a instalação do experimento sucedeu ao cultivo do sorgo.

Na área do experimento, foram coletadas 40 amostras simples de solo, sendo 20 na profundidade de 0-20 cm e 20 na profundidade de 20 – 30 cm por meio de trado do tipo caneco fechado de 3” para coleta de solo. Após a coleta as amostras foram

homogeneizadas formando-se uma amostra composta e encaminhadas ao laboratório de análise de solo (Tabela 6).

Tabela 5. Resultados da análise química do solo para macronutrientes. Experimento 2. Conduzido em Pedro Afonso – TO. 2017.

Amostra (cm)	pH (H ₂ O)	cmol _d /dm ³ (meq/100mL)					mg/dm ³ (ppm)		
		Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P	S
0 – 20	5,45	1,85	1,28	0,57	0,00	5,50	0,12	3,71	10,69
20 - 30	5,3	1,34	0,97	0,37	0,26	6,4	0,12	2,95	3,11

Tabela 6. Resultados da análise química do solo para micronutrientes Experimento 2. Conduzido em Pedro Afonso – TO. 2017

Amostra (cm)	g/dm ³	Micronutrientes mg/dm ³ (ppm)				
		Mat. Org.	Zn	B	Cu	Fe
0 – 20	22,56	0,51	0,25	1,00	63,94	8,18
20 - 30	24,62	0,56	0,17	0,72	83,54	4,07

Tabela 7. Resultados da análise química do solo para as relações dos macronutrientes e CTC Experimento 2. Conduzido em Pedro Afonso – TO. 2017.

Amostra (cm)	Dados complementares							
	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	CTC	V (%)	m(%)
0 – 20	10,67	4,75	17,14	7,63	1,61	7,47	26,37	0,00
20 - 30	8,08	3,08	12,34	4,71	1,53	7,86	18,58	15,12

Todas as despesas provenientes do experimento 2 desenvolvido em Pedro Afonso – TO estão descritos no Projeto Físico Financeiro conforme a Quadro 2A do Apêndice 2, nele constam despesas com insumos, equipamentos e serviços utilizados na pesquisa. Os valores obtidos foram projetados para 1 ha de feijão-caupi em consórcio com o milho, irrigado por gotejamento no município de Pedro Afonso – TO no ano agrícola 2017/2018. (Apêndice 2).

4.4. Condições Climáticas dos locais de estudo

As figuras que mostram as normais climatológicas para os municípios de Colinas do Tocantins – TO, onde foi conduzido o experimento de pesquisa 1 e para o município de Pedro Afonso – TO onde foi conduzido o experimento 2 se encontram a seguir.

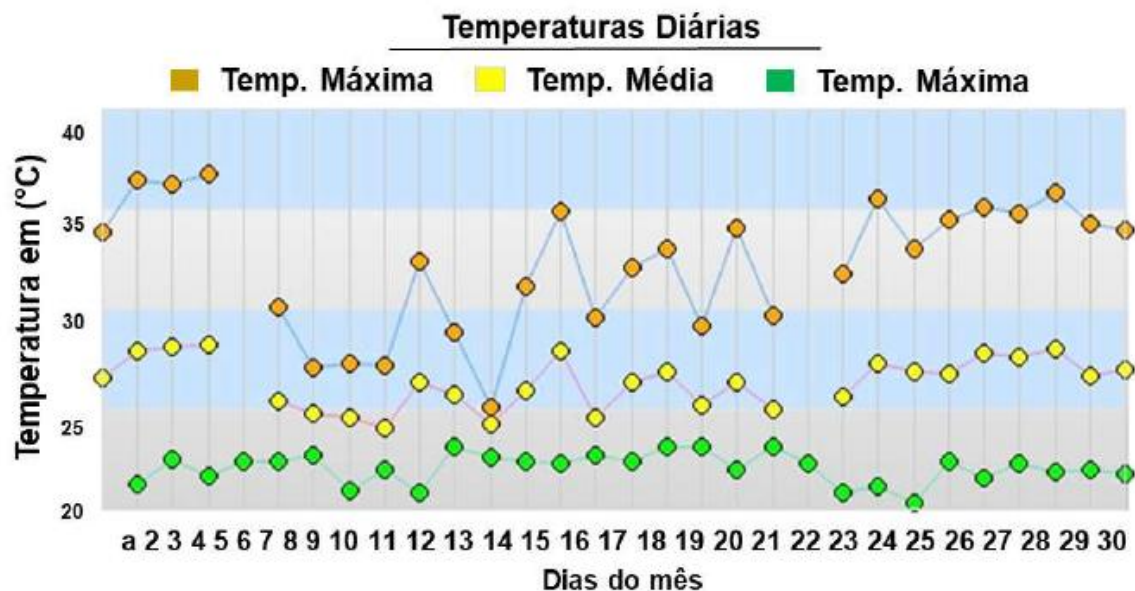


Figura 2. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 11/2016 Temperaturas diárias.

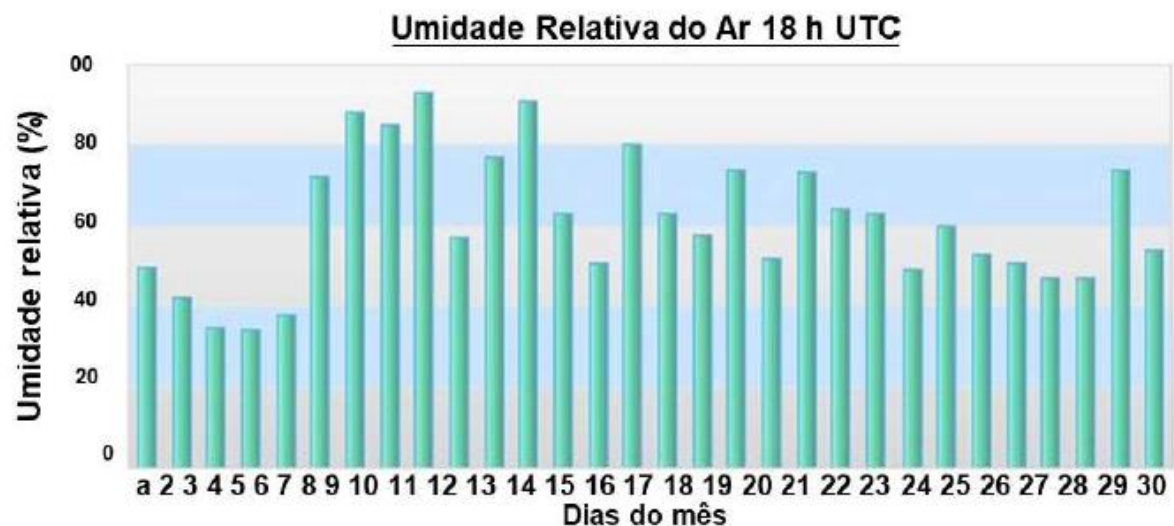


Figura 3. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 11/2016 - Umidade Relativa do ar diária.

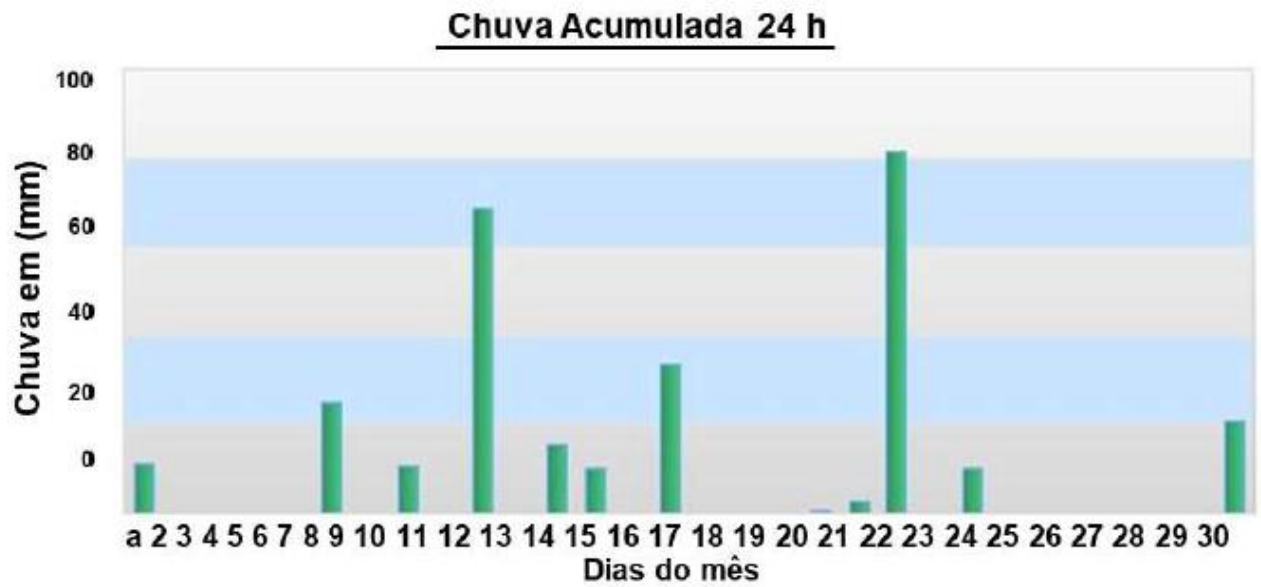


Figura 4. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 11/2016 Chuva acumulada diária.

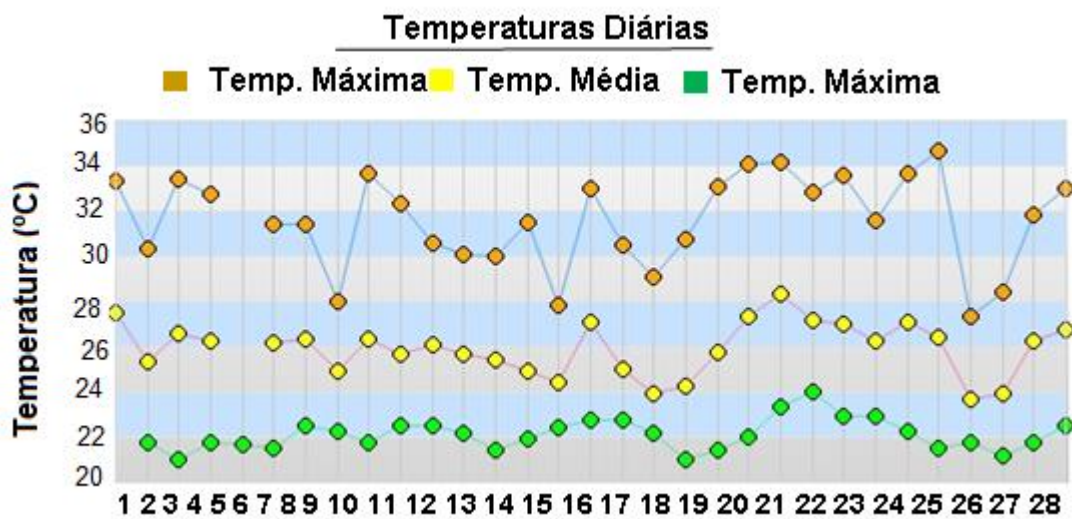


Figura 5. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 12/2016. Temperaturas diárias.

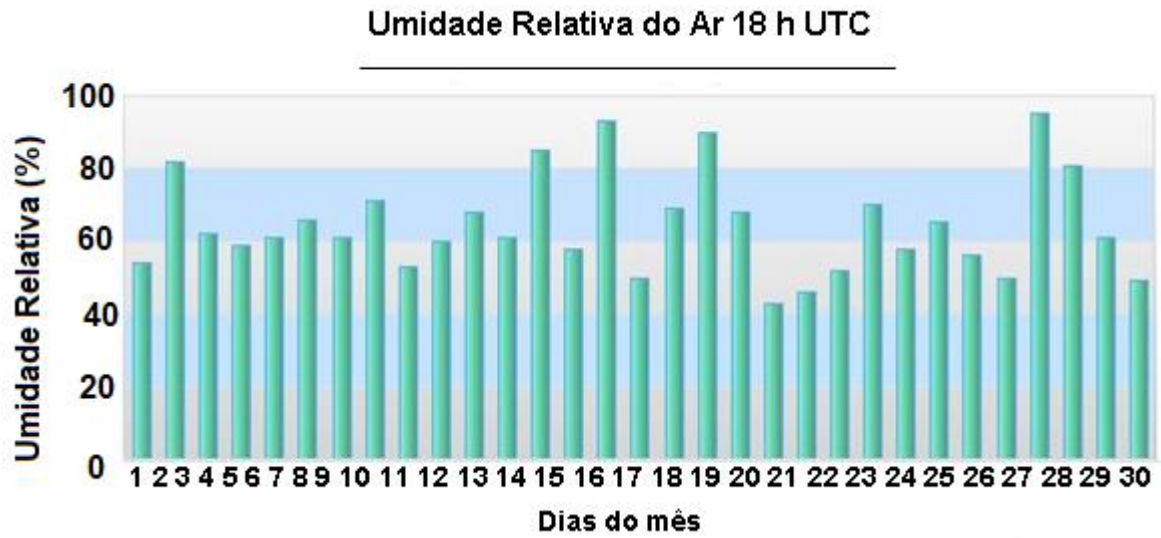


Figura 6. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 12/2016 – Umidade Relativa do ar diária.

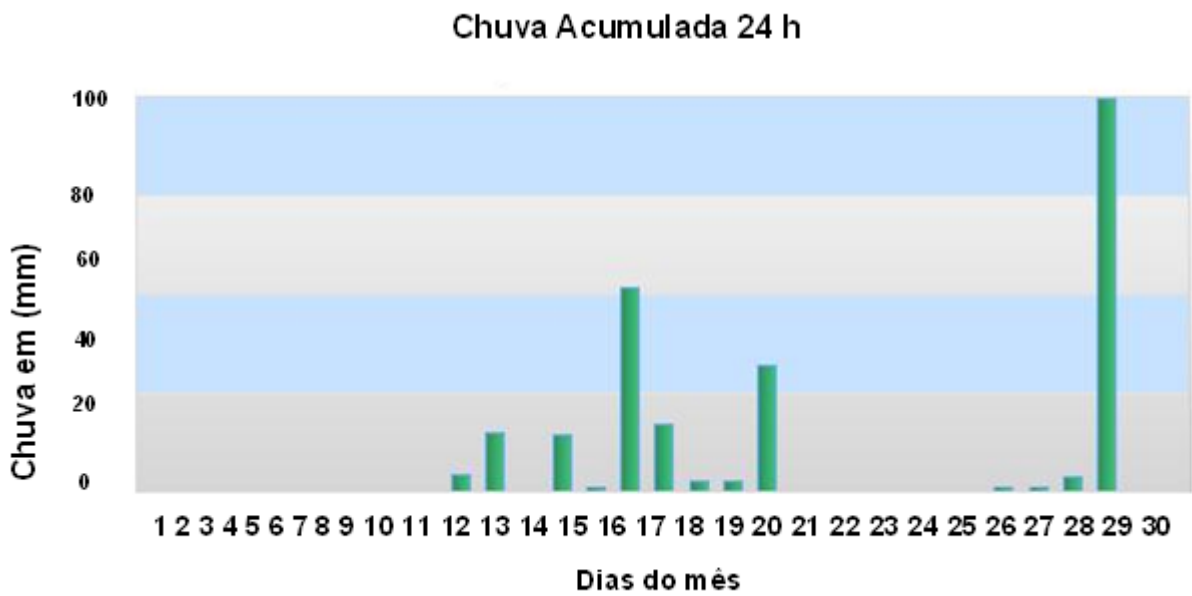


Figura 7. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 12/2016 – Chuva acumulada diária.

Chuva Acumulada Mensal x Chuva (Normal Climatológica 61 – 90)

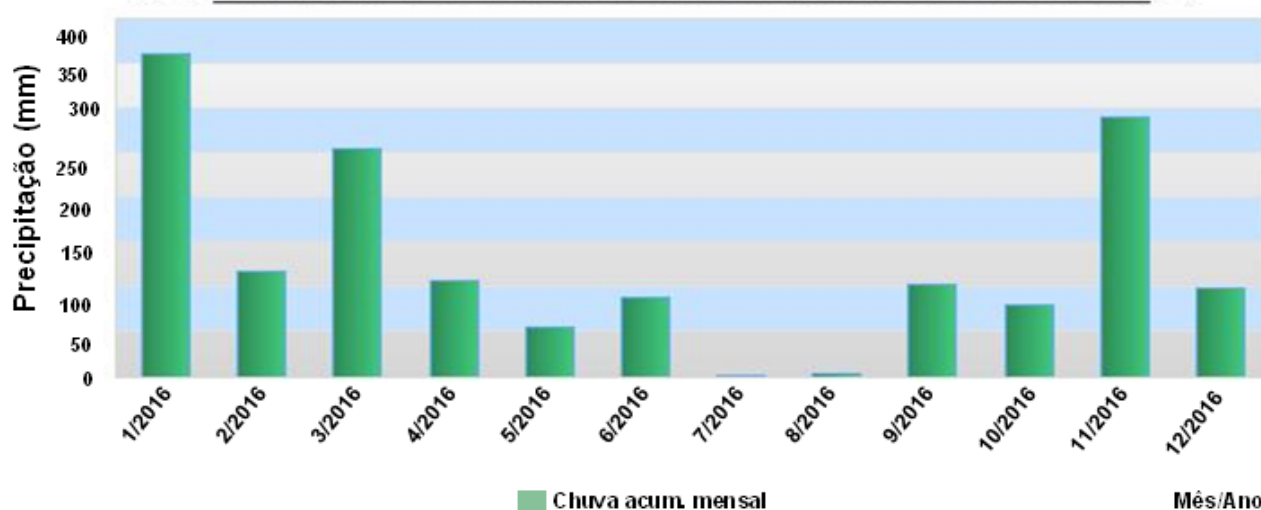


Figura 8. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 12/2016 – Chuva acumulada mensal.

Temperaturas Diárias (°C)

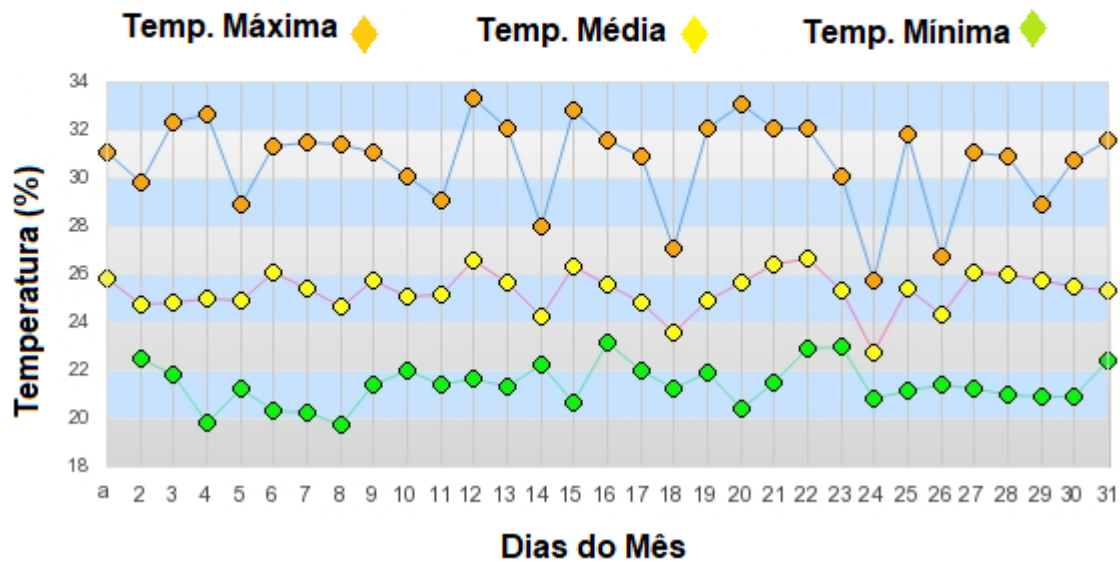


Figura 9. Estação Colinas do Tocantins – TO – 01/2017 Temperaturas diárias.

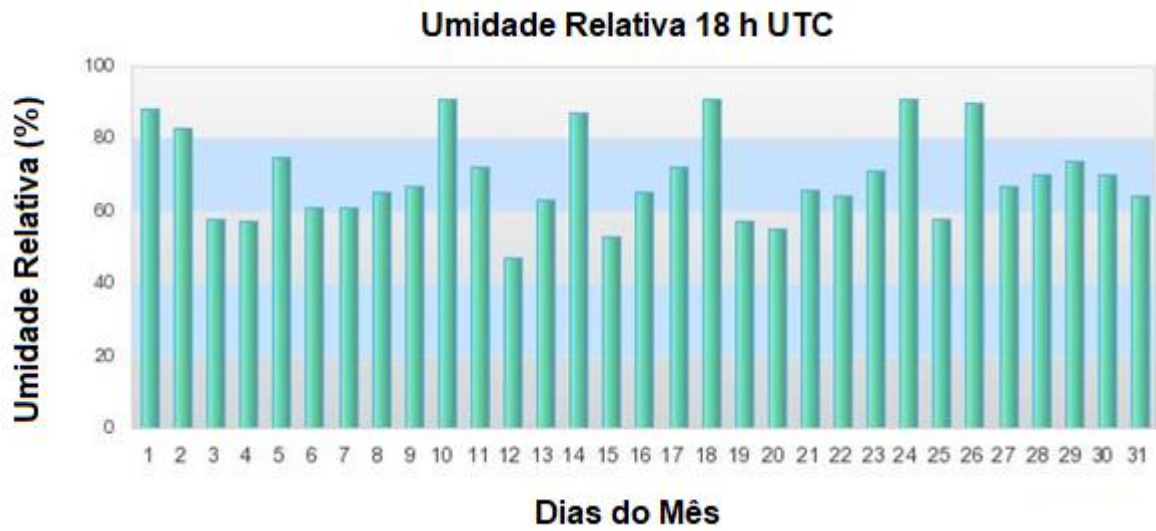


Figura 10. Estação Colinas do Tocantins – TO – 01/2017 Umidade Relativa diária.



Figura 11. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 01/2017 – Chuva diárias

Chuva Acumulada Mensal x Chuva (Normal Climatológica 61 - 90)

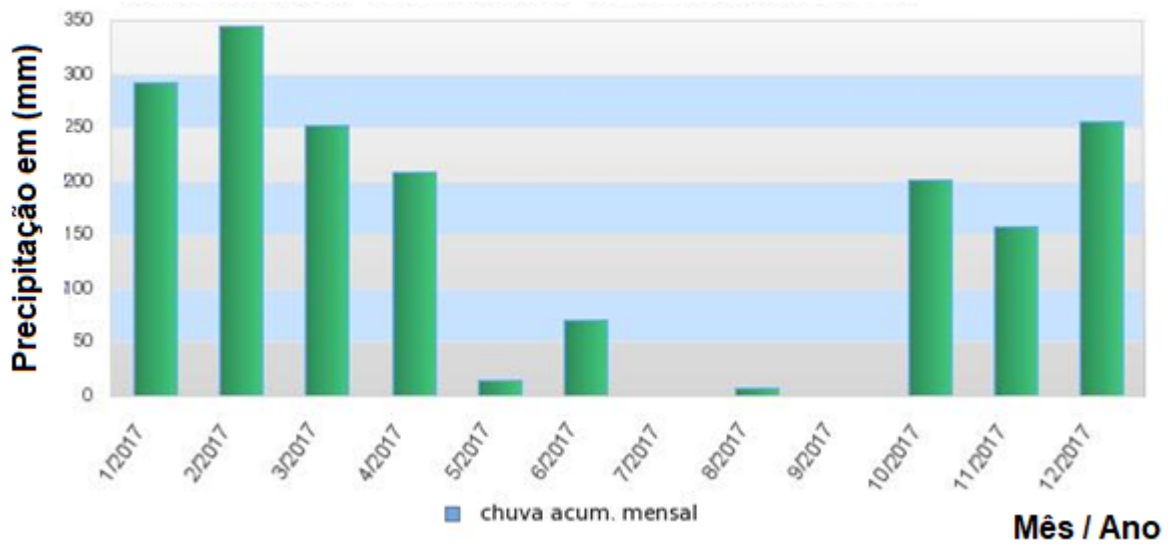


Figura 12. Estação Automática Colinas do Tocantins – TO – 12/2016 – Chuva acumulada mensal.

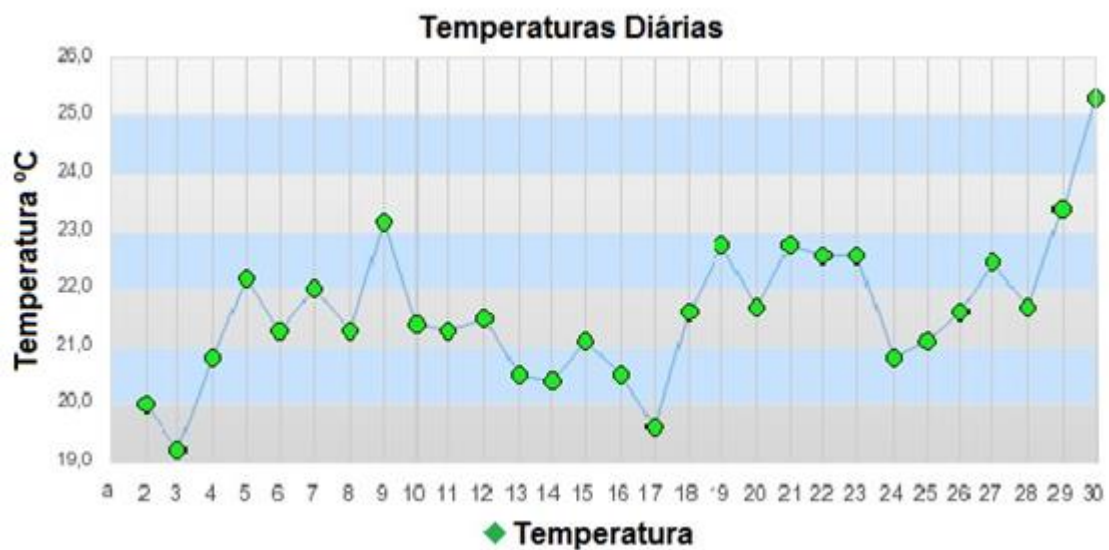


Figura 13. Estação Pedro Afonso – TO – 09/2017 Temperaturas diárias.

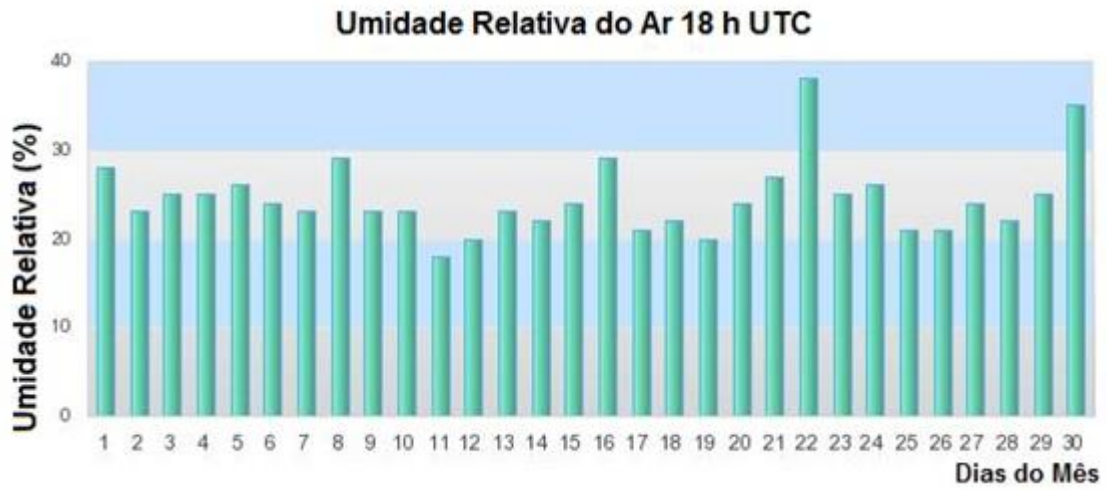


Figura 14. Estação Pedro Afonso – TO – 09/2017 Umidade Relativa diárias.

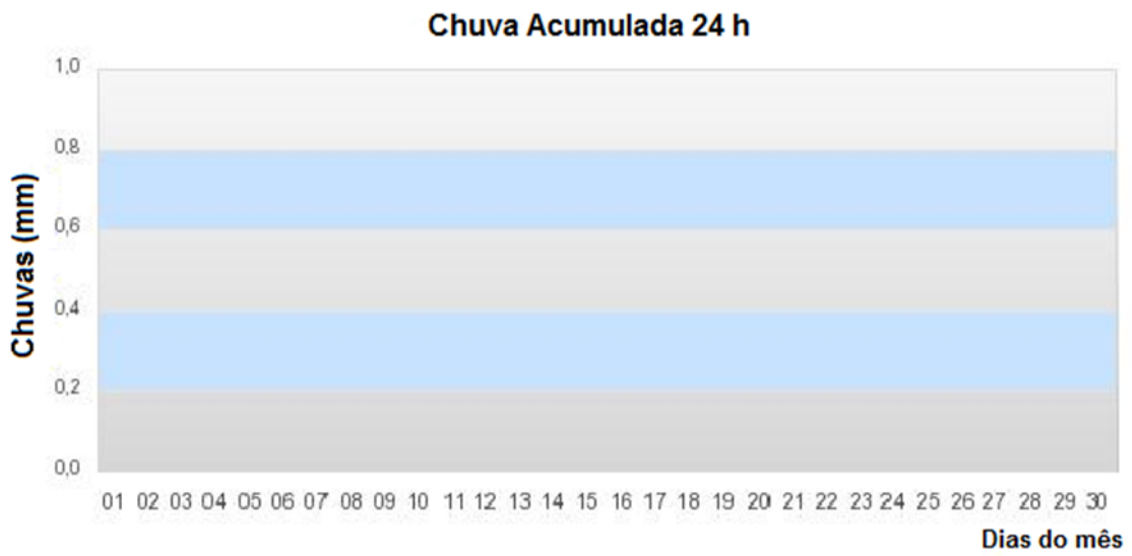


Figura 15. Estação Pedro Afonso – TO – 09/2017 – Chuva diárias.

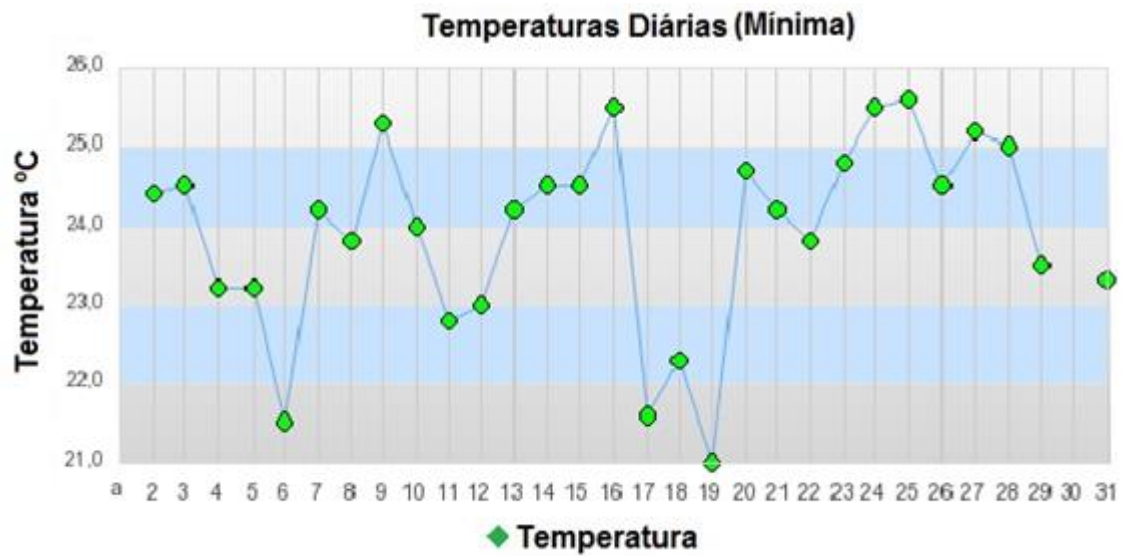


Figura 16. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 10/2017 Temperaturas diárias.

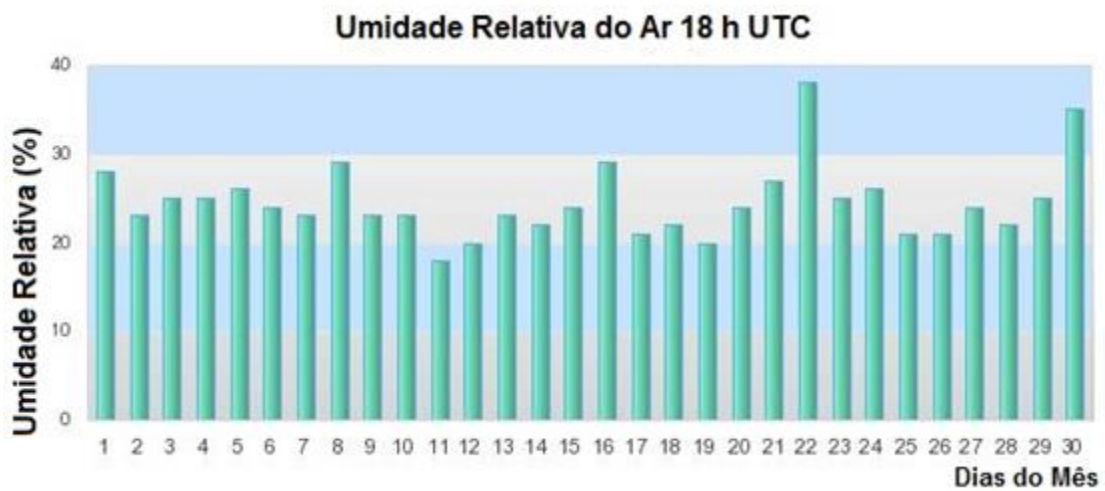


Figura 17. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 10/2017 Umidade Relativa do Ar.

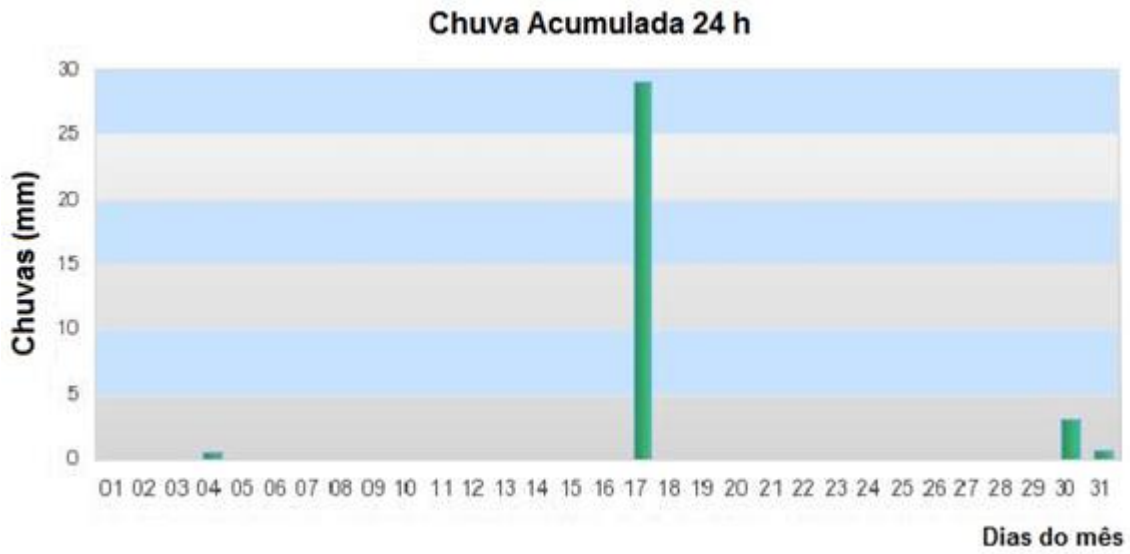


Figura 18. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 10/2017 Chuvas

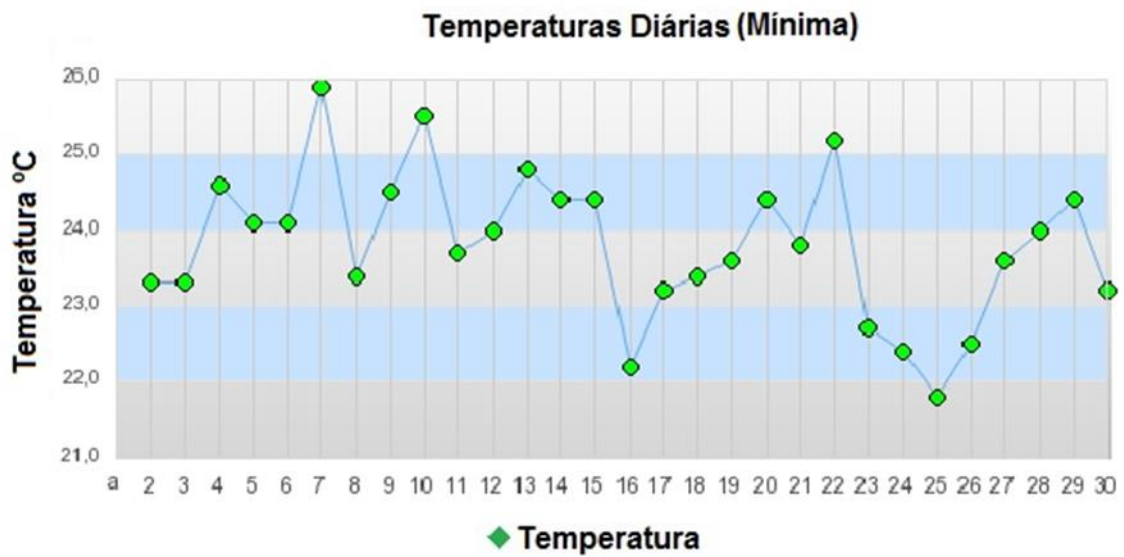


Figura 19. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 11/2017 Temperaturas diárias.

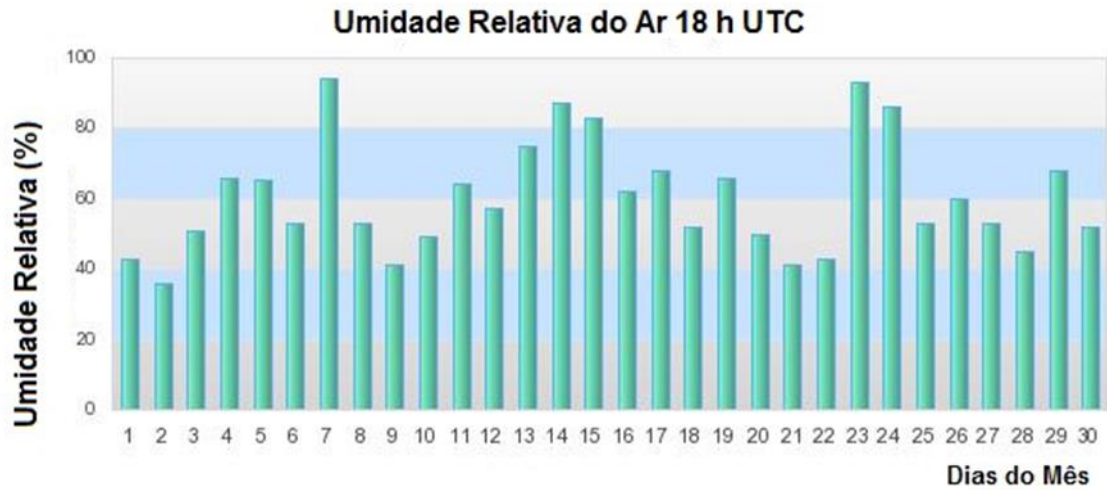


Figura 20. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 11/2017 Umidade Relativa do ar.

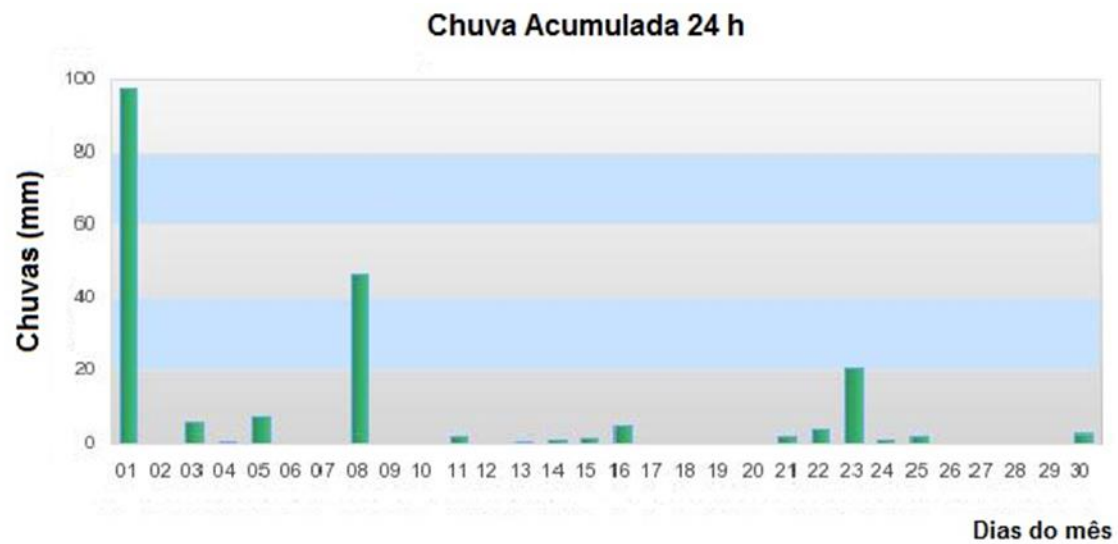


Figura 21. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 11/2017 Chuvas acumulada.

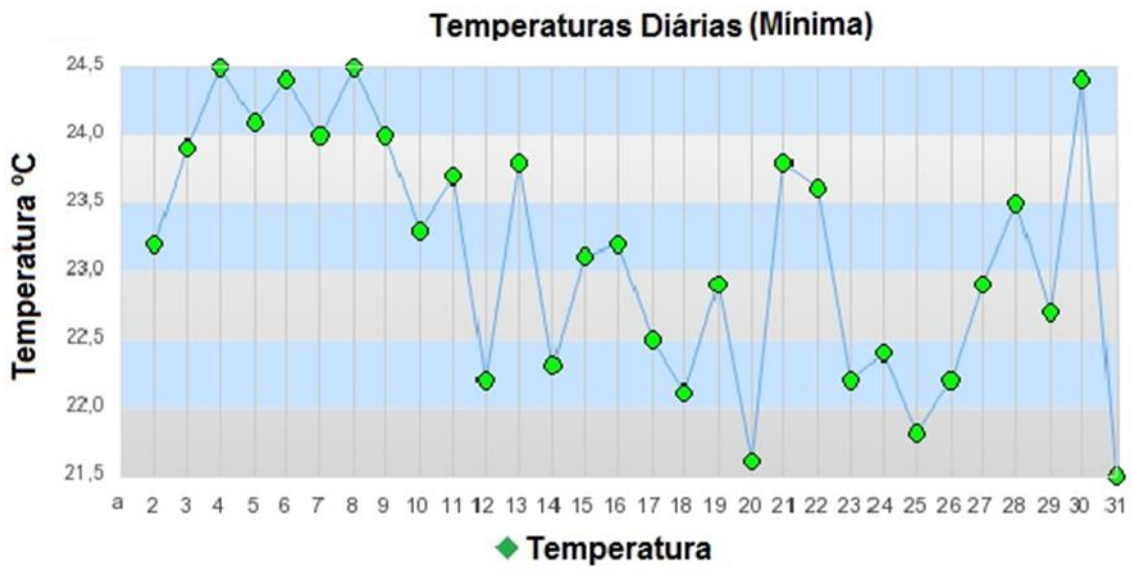


Figura 22. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 12/2017 Temperaturas diárias.

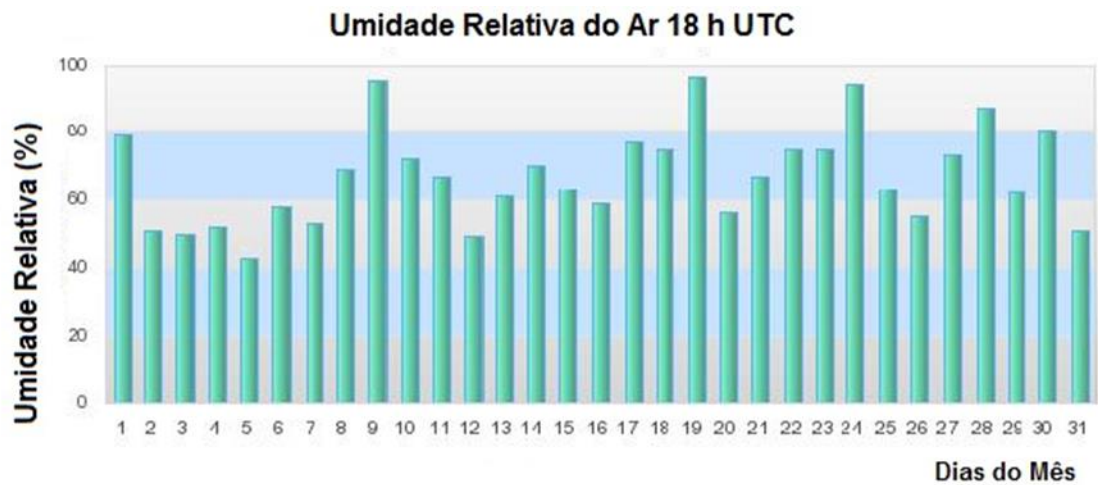


Figura 23. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 12/2017 Umidade Relativa do ar.

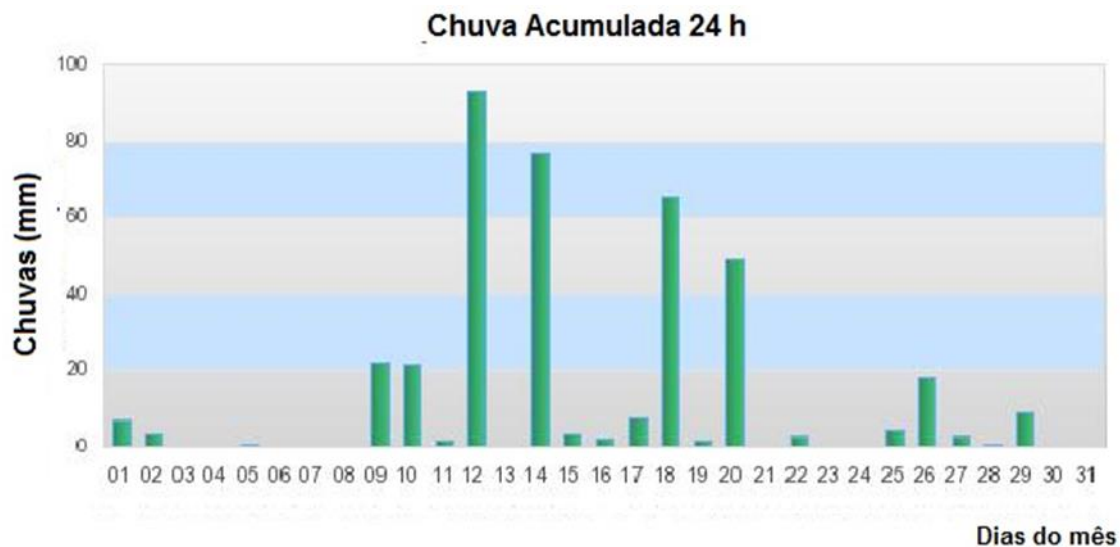


Figura 24. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 12/2017 Chuvas acumulada.

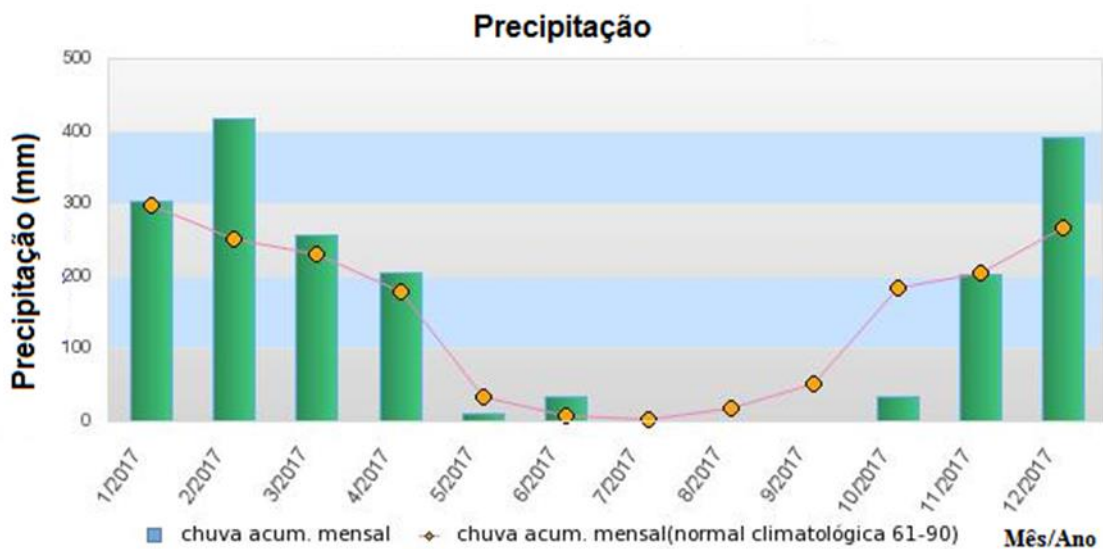


Figura 25. Estação Automática Pedro Afonso – TO – 12/2017 Normais climatológicas.

4.5. Delineamento Experimental e Tratamentos

4.5.1 Experimento 1

A figura 26 mostra o croqui da área experimental distribuído em sistemas de faixas mostrando os detalhes do sistema de irrigação com seus respectivos componentes. As faixas são compostas pelas lâminas de irrigação.

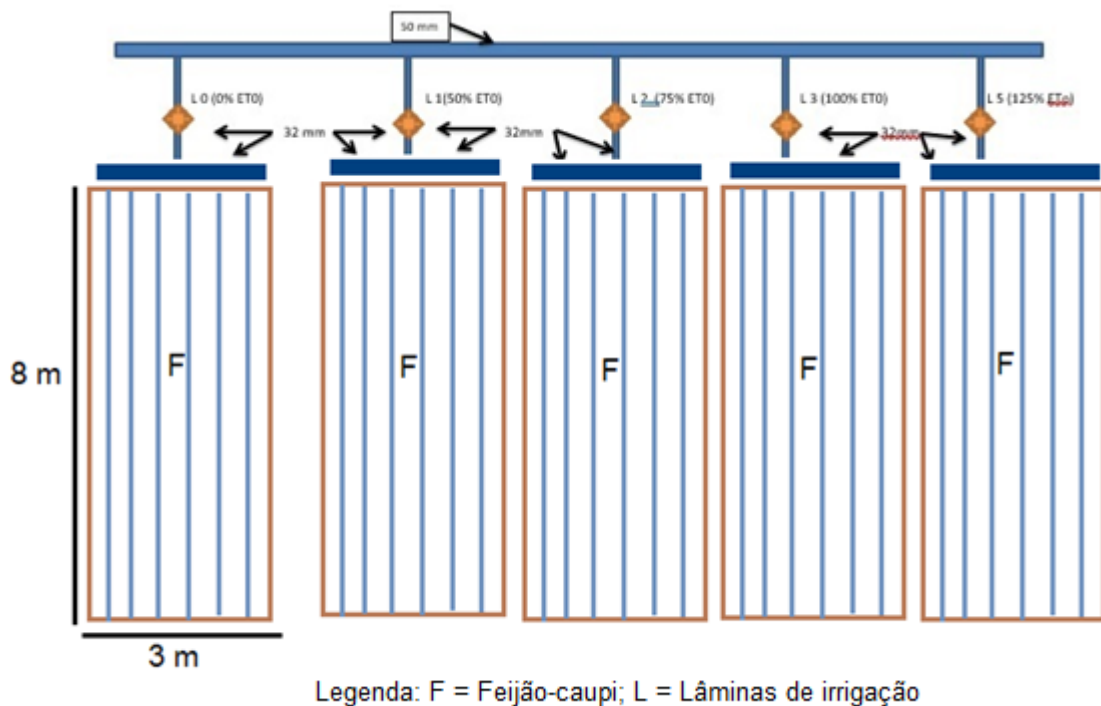


Figura 26. Croqui da área experimental no Campus do IFTO Colinas do Tocantins – TO

Os tratamentos foram dispostos em faixas e consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação (as lâminas de irrigação foram baseadas nos valores relativos à Evapotranspiração de Referência – ET_0), a saber:

L0 = 0% da ET_0 ; L50 = 50% da ET_0 ; L75 = 75% da ET_0 ; L100 = 100% da ET_0 e L125 = 125% da ET_0 .

A parcela experimental foi composta por seis linhas de 8,0 m de comprimento cada, espaçadas por 0,5 m, totalizando uma área de 24,0 m², sendo consideradas para efeito de avaliação as quatro linhas centrais com área útil de 14,0 m², desconsiderando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades da parcela. O estande de plantas dentro de cada parcela foi de 112 plantas, sendo que para efeito de avaliações, como unidade amostral foram utilizadas as plantas de feijão- caupi, ou seja, cada planta do estande representava uma unidade amostral. Foram consideradas 100 plantas colhidas ao acaso dentro de cada parcela útil para cada tratamento, sendo cada uma delas corresponde a uma repetição. Todos os componentes de produção foram avaliados em cada uma das repetições. Por fim adotou-se a estatística descritiva (método de amostragem aleatória) para análise dos dados, aplicando o intervalo de confiança a 95% para discriminar as diferenças entre os tratamentos.

Utilizou-se a cultivar Sempre Verde BRS Rouxinol semi-ereto para feijão-caupi. O sistema de cultivo de feijão-caupi foi implantado no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, e duas plantas por cova com uma densidade média de 80.000 plantas ha⁻¹.

Todos os tratamentos foram submetidos a lâminas de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração de referência (ET₀) desde a semeadura até os 15 dias após a germinação (final do estágio inicial do feijão-caupi). A partir daí, iniciou-se o controle da irrigação por meio da aplicação dos tratamentos que consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação.

A colheita do feijão - caupi se iniciou aos 60 dias após a emergência (DAE), e depois aos 65 dias e 70 DAE foram feitas mais duas colheitas na mesma parcela, esta ação é possível graças ao fato do feijão – caupi chegar ao ponto de colheita e ainda apresentar vagens em diferentes níveis de maturação ou até mesmo ainda emitindo botões florais, na mesma planta.

4.5.2. Experimento 2

A figura 27 mostra o croqui da área experimental distribuído em sistemas de parcelas subdivididas e em blocos, mostrando os detalhes do sistema de irrigação com seus respectivos componentes.

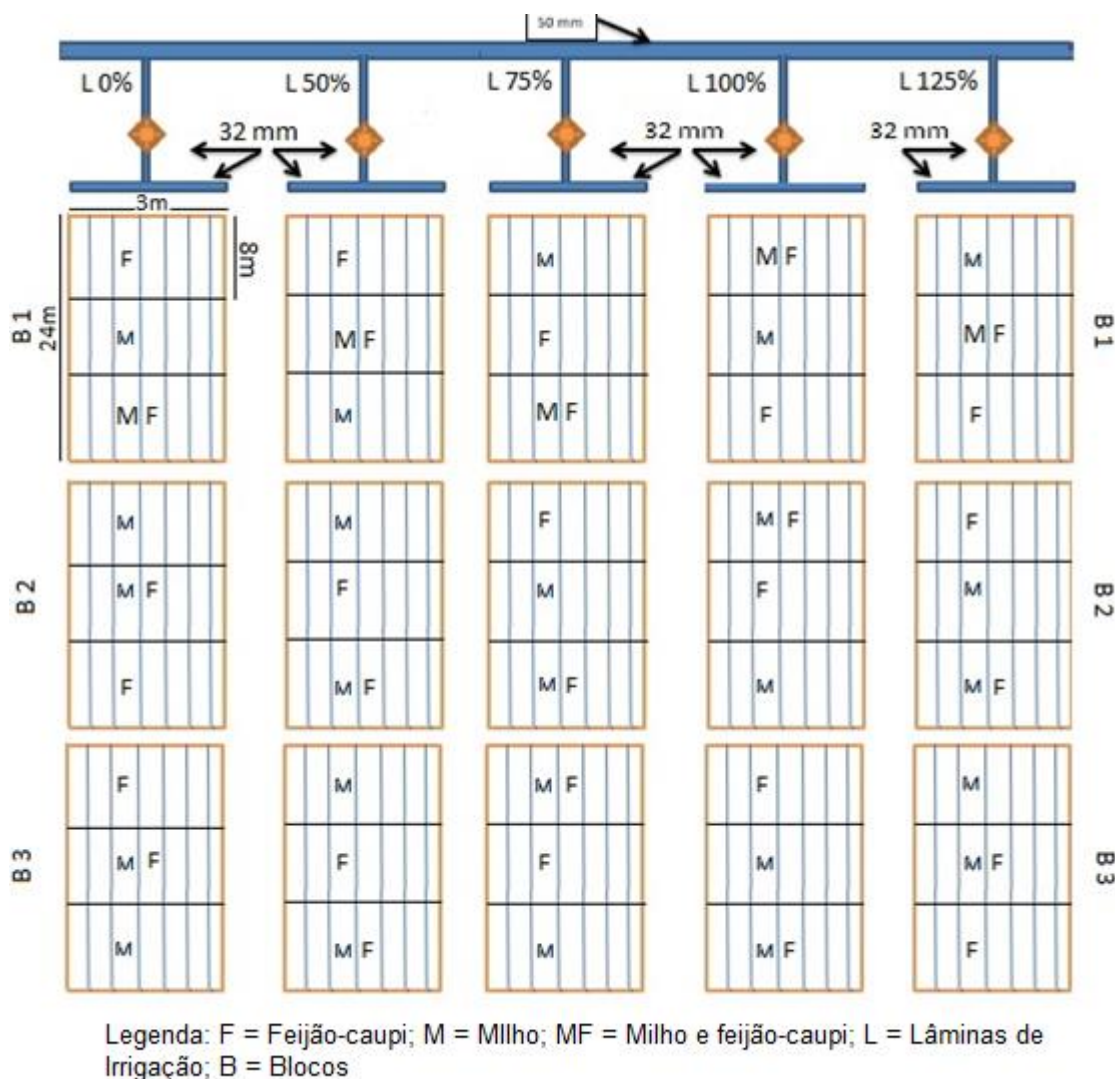


Figura 27. Croqui da área experimental na fazenda Esperança em Pedro Afonso- TO em 2017.

Os tratamentos foram dispostos em parcelas sub divididas compostas por parcelas que consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação (as lâminas de irrigação foram baseadas nos valores relativos à Evapotranspiração de Referência – ET_0), a saber: $L_0 = 0\%$ da ET_0 ; $L_{50} = 50\%$ da ET_0 ; $L_{75} = 75\%$ da ET_0 ; $L_{100} = 100\%$ da ET_0 e $L_{125} = 125\%$ da ET_0 . As sub-parcelas foram compostas pelos seguintes sistemas: milho em monocultivo (SEM); feijão-caupi em monocultivo (SEF) e; consórcio milho + feijão caupi (SCMF).

Combinando as cinco lâminas de irrigação e sistemas de cultivo as culturas feijão-caupi e do milho foram submetidas a 15 tratamentos distintos: SEF- L_0 , SEF- L_{50} , SEF-

L75, SEF-L100, SEF-L125, SEM – L0, SEM – L50, SEM – L75, SEM – L100, SEM – L125, SCMF – L0, SCMF – L50, SCMF – L75, SCMF – L100 e SCMF – L125.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados - DBC com três repetições. A parcela experimental foi composta por seis linhas de 8,0 m de comprimento cada, espaçadas por 0,5 m, totalizando uma área de 24,0 m², sendo consideradas para efeito de avaliação as quatro linhas centrais com área útil de 14,0 m², desconsiderando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades da parcela.

Utilizou-se as cultivares Sempre Verde BRS Rouxinol, semi-ereto para o feijão caupi e variedade comercial AG 1051 de milho, este por apresentar grãos mais graúdos e atender as necessidade na produção de pratos à base de milho verde, como curau, canjica e pamonha.

Os três sistemas de cultivo analisados: Sistema exclusivo de feijão-caupi (SEF), Sistema exclusivo milho (SEM) e Sistema de consórcio milho e feijão (SCMF) foram implantados no espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, e duas plantas por cova de feijão-caupi e uma planta de milho com uma densidade média para cada uma na ordem de 80.000 e 40.000 plantas ha⁻¹, respectivamente.

Os sistemas de cultivo foram submetidos a lâminas de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração de referência (ET₀) desde a semeadura até os 15 dias após a emergência (final do estágio inicial do feijão-caupi). A partir daí, iniciou-se o controle da irrigação por meio da aplicação dos tratamentos que consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação.

A colheita do feijão - caupi se iniciou aos 62 dias após a emergência (DAE),e depois aos 66 dias e 70 DAE foram feitas mais duas colheitas na mesma parcela, esta ação é possível graças ao fato do feijão – caupi chegar ao ponto de colheita e ainda apresentar vagens em diferentes níveis de maturação ou até mesmo ainda emitindo botões florais, na mesma planta.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F em nível de 5% de probabilidade e quando identificou significância no efeito dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan também em nível de 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG (sistema para análises estatísticas e genéticas) versão 2007.

4.6. Condução dos experimentos

Ao longo do período de execução dos experimentos, foram realizados diariamente o acompanhamento sistemático dos estádios fenológicos das culturas para observação visual do desenvolvimento das culturas, identificação das datas de ocorrência dos eventos fenológicos e delimitação da duração dos subperíodos, adotando-se o método proposto por CRUZ et al. (2006) e FERNANDÉZ et al. (1982).

Foram realizadas operações de tratos culturais e controle fitossanitário em ambos os experimentos. No experimento 1, devido a influência da chuva sobretudo, no estágio reprodutivo durante a condução do mesmo, o controle fitossanitário demonstrou pouca eficiência e tendo que ser repetido. Pois as chuvas promoveram as condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças fúngicas, somado a isso também houve ocorrência de algumas pragas fitófagas e desfolhadoras, como: vaquinhas, percevejos e lagartas. Já no experimento 2, mesmo tendo ocorrido algumas dessas pragas em menor intensidade, o que conseguiu-se controlar através da aplicação do controle químico com pulverizações com inseticida Dimaz 480 SC na dosagem de 40 mL por ha.

As doenças e pragas ocorridas nos experimentos foram identificadas com auxílio do Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas, v. 2. E Manual de Entomologia Agrícola, de Domingo Gallo. (Kimari, 1997; Gallo, 2002).

Os controles fitossanitários utilizados foram de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do feijoeiro comum (visto que não há recomendações específicas de produtos para o feijão-caupi) e para as pragas específicas, segundo a Circular Técnica 46 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -MAPA - Brasil 2001.

A adubação nos dois experimentos foi baseada nos resultados das análises químicas do solo conforme descrito abaixo.

Experimento 1:

Adubação de fundação/plantio: 1,8 ton/ha de calcário dolomítico 90% PRNT; 6 g/m de sulco do formulado (20 – 00 -20); 20 g/m de sulco Super Fosfato Simples.

Adubação de cobertura 30 dias após a emergência: 9 g/m de sulco do formulado 20 – 00 – 20.

Experimento 2: a adubação se deu em função das necessidades da cultura do milho por este ser mais exigente em adubação em relação ao feijão-caupi.

Adubação de fundação/plantio: 2,8 ton/ha de calcário dolomítico 90% PRNT; 10 g/m de sulco do formulado (20 – 00 -20); 25 g/m de sulco Super Fosfato Simples.

Adubação de cobertura 30 dias após a emergência: 20 g/m de sulco do formulado 20 – 00 – 20.

4.7. Manejo da irrigação

Os sistemas de cultivo foram submetidos a lâminas de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração de referência (ET₀) desde a semeadura até os 15 dias após a emergência (final do estágio inicial do feijão-caupi). A partir daí, iniciou-se o controle da irrigação por meio da aplicação dos tratamentos que consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação.

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com espaçamento entre emissores de 0,25 m, usando o Tubo Gotejador P1 16Mm 8 Mil Micras Espaçamento de 25 cm e vazão de 2,1L/h . A água usada na irrigação provinha de um poço artesiano e era conduzida a um reservatório (caixa d'água tipo polietileno) com capacidade para 2000 L, suspensa a 3 m do nível do solo, de onde partia a tubulação principal que alimentava o restante do sistema de irrigação

Depois da implantação do sistema de irrigação na área, realizaram-se os testes de uniformidade de aplicação de água, de acordo com a metodologia apresentada por Bernardo (2006). Nos testes de uniformidade, a eficiência de aplicação (E_a) obtida ficou em torno de 90%.

Os dados meteorológicos necessários na estimativa de ET₀ foram coletados por uma estação meteorológica automática de superfície instalada à 50 m da área experimental no caso do Experimento 1- (a estação fica dentro do próprio campus do IFTO- Colinas do Tocantins) e no Experimento 2, a distância da área de desenvolvimento da pesquisa e a estação é de aproximadamente 5 Km.

As lâminas de irrigação foram aplicadas diariamente nas parcelas, ou seja, turno de rega de um dia. O controle do volume aplicado por tratamento foi feito em função do tempo de irrigação e utilizou-se de registros esféricos instalados nas cinco linhas de derivação que correspondia a cada tratamento.

A FAO recomenda que os métodos empíricos devem ser calibrados e validados com base na equação de Penman-Monteith FAO-56 como referência (ALLEN et al., 1998).

Porém, Hargreaves e Samani (1982) recomendam uma equação simples para estimar radiação solar utilizando a diferença de temperatura, estes autores propuseram essa equação para estimativa da ETo utilizando apenas os valores das Temperaturas máxima, mínima e média do ar e da radiação no topo da atmosfera:

$$ET_0 = \alpha \cdot (T_{max} - T_{min})^\beta (T_{med} + 17,8) Ra \cdot 0,408$$

Em que:

α é um parâmetro empírico, sendo utilizado o seu valor original de 0,0023; β é um parâmetro empírico exponencial, sendo seu valor original de 0,5. Sendo a temperatura média obtida através da metodologia descrita por Allen et al. (1998).

A Evapotranspiração da cultura diária (ETc, mm d-1) foi determinada pela relação:

$$ETC = ETO \times Kc$$

Em que:

ETc - Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹).

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

Kc - Coeficiente de cultura do feijão-caupi. Segundo a FAO, são valores que oscilam entre 0,80 a 1,4 ao longo do desenvolvimento da cultura. Para fins de determinação da ETo, utilizou-se todos os Kc.

Para o cálculo da lâmina aplicada nas culturas, utilizou-se as equações a partir da relação entre a irrigação real necessária (IRN) e a eficiência de aplicação, cujo valor geralmente se estima em 90% (MANTOVANI et al., 2009), e daí, encontra-se a irrigação total necessária (ITN).

$$IRN = ETc \times TR$$

$$ITN = \frac{IRN}{0,9}$$

Em que: TR – Turno de rega. Geralmente, de 1 a 3 dias. O tempo de irrigação por área é calculado pela equação.

$$T_i = \frac{ITNxA}{nxQ}$$

Em que: T_i - Tempo de irrigação (horas).

A - Área de cada planta (m^2).

n - Número de gotejadores por m^2 .

Q - Vazão do gotejador ($L h^{-1}$).

4.8. Componentes de produção avaliados nas culturas do milho e do feijão-caupi

Os procedimentos adotados para análise de rendimento das plantas foi o mesmo para ambas as culturas, com diferenças no número plantas avaliadas. Amostrou-se na área útil, para cada tratamento, 100 plantas, no experimento 1, uma vez que nesse experimento o número de plantas representava o número de unidades amostrais e 40 plantas no experimento 2, pois nesse caso o experimento foi dividido em 3 blocos, após medir a altura de plantas no campo, as vagens foram colhidas e acondicionadas em saco de papel e a parti daí procedeu-se com as avaliações das mesmas em laboratório.

4.9. Componentes de produção avaliados na cultura do milho verde:

1. Altura de Planta (AP): Medida do nível do solo até a inserção do pendão, em cm de 10 plantas aleatórias na linha, na ocasião da colheita.
2. Altura de espiga (AE): Medida do nível do solo à inserção da primeira espiga, em cm de 10 plantas aleatórias na linha, na ocasião da colheita.
3. Diâmetro de espiga empalhada (DEE): Obtida na região média da espiga com palha, em mm de 10 plantas aleatórias na linha.
4. Comprimento de espiga empalhada (CEE): Medida da base da espiga à ponta com palha, em cm de 10 plantas aleatórias na linha.
5. Comprimento de espiga despalhada (CED): Medida da base da espiga à ponta, sem palha, em cm de 10 plantas aleatórias na linha.
6. Massa de espiga empalhada comerciável (MEE): Considerado as espigas com aparência adequada à comercialização e comprimento igual ou superior a 22 cm, em $kg.ha^{-1}$ e quando estas apresentam de 70 a 80% de umidade (milho verde).

7. Massa de espiga despalhada comerciável (MED): Considerada espiga com comprimento igual ou superior a 17 cm, em kg.ha⁻¹

4.10. Componentes de produção avaliados na cultura do feijão-caupi nos experimentos 1 e 2:

1. Altura de Planta (AP): Medida do nível do solo até o final da haste mais longa, em cm de 10 plantas aleatórias na linha, na ocasião da colheita.
2. Peso de 100 grãos em Kg
3. Número de Vagens por planta (NVP): Quantidade de vagens em uma amostra de 10 plantas aleatórias dentro da linha.
4. Comprimento de vagens (CV): Determinado por meio da medição com régua graduada nas vagens de 10 plantas, retiradas aleatoriamente na área útil de cada tratamento.
5. Número de grãos por vagem (NGV): Obtido das vagens de 10 plantas retiradas ao acaso na linha.
6. Produtividade (Kg.ha⁻¹): Obtido a partir da produção de grãos por área

4.11. Eficiência no Uso da Água, Rendimentos de Produção (Renda Bruta e renda Líquida) e Índice Equivalente de Área.

A eficiência do uso da água (EUA) (kg ha⁻¹mm⁻¹) foi calculada relacionando a produtividade de grãos (Prod) e a lâmina de água total aplicada, utilizando a seguinte expressão adaptada de LACERDA et al. (2009):

$$EUA = \frac{Prod}{LI}$$

Em que:

EUA = eficiência no uso da água (kg ha⁻¹mm⁻¹)

Prod = produção de grãos (kg.ha⁻¹) e

LI = lâmina de irrigação acumulada (mm).

O índice de equivalência de área (IEA) foi utilizado para avaliar a eficiência do consórcio em relação aos monocultivos, sendo obtido pela expressão:

$$IEA = (Ca/Ma) + (Cb/Mb)$$

Onde, Ca e Cb são, respectivamente, as produtividades de grãos em consorciação das culturas do milho e feijão-caupi, e Ma e Mb são, respectivamente, as produtividades de grãos em monocultivo, das culturas do milho e feijão-caupi.

O consórcio foi considerado eficiente quando o IEA foi superior a 1,00 e, ineficiente, quando foi inferior a 1,00.

O IEA indica a soma das áreas necessárias a serem cultivadas em monocultivo com ambas as culturas, para que seja alcançada a produtividade de 1,0 ha no sistema consorciado. Sendo que quanto mais alto o valor do IEA, mais vantajoso é o sistema de cultivo, ou seja, $IEA > 1$ é vantajoso e o contrário é prejuízo. Santos et al. (2016).

Para a avaliação econômica da produção do feijão-caupi foram calculadas:

- Renda Bruta (R\$ lâmina-1ha-1), valor bruto total obtido com a comercialização do feijão. Conforme equação 2:

$$RB = Prod \times PCF$$

RB = renda bruta em R\$ lâmina-ha⁻¹

Prod = produtividade do feijão em kg ha⁻¹

PCF = preço de comercialização do feijão em R\$ kg⁻¹ na primeira quinzena de maio de 2016 na região de Colinas do Tocantins - TO

- Custo por lâmina/ha (CL), equivalente ao custo operacional do projeto, constituído pela soma dos gastos fixos tais como: aquisição de equipamento de irrigação, aquisição de fertilizantes, corretivos, agrotóxicos, sementes, preparo do solo (uma aração e uma gradagem), mão de obra para o plantio, aplicação de agrotóxicos e colheita manual (incluindo o ensacamento) e gastos variáveis com energia elétrica. Calculado individualmente para cada lâmina de irrigação.

- Renda Líquida em R\$ lâmina-1ha⁻¹, equivalente saldo líquido do projeto, este cálculo foi realizado conforme a equação 3.

$$RL = RB - CL$$

Em que:

RL = renda líquida em R\$ lâmina-ha-1

RB = renda bruta em R\$ lâmina-ha-1

CL = custo por lâmina. ha1

E,

- Preço mínimo de venda do feijão (R\$ kg-1) a fim de se pagar os investimentos.

Para esta pesquisa operou-se com o valor de R\$ 5,83 (valor médio do feijão em R\$ kg⁻¹ obtido para o período na região do estudo).

.

5. Resultados e discussões

5.1. Capítulo 1: Experimento 1

5.1.1. Componentes de produtividade

Os resultados do intervalo de confiança construído pela estatística “t” á 5% de probabilidade para os componentes de produção: altura de planta – (AP), número de vagens por planta – (NVP), peso de vagens – (PV), comprimento de vagens – (CV) e número de grãos por vagem – (NGV) sob o efeito de diferentes lâminas de irrigação são apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Componentes de produção do feijão-caupi: altura de planta (AP), número de vagens por planta (NVP), peso de vagens (PV), comprimento de vagens (CV) e número de grãos por vagem (NGV) submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Colinas do Tocantins, TO, 2016/2017.

Trat.	Componentes de Produção do Feijão-caupi				
	AP (m)	NVP	PV (g)	CV (m)	NGV
L0%	0,55C	4,60D	6,60D	0,15A	7,63D
L50%	0,53C	5,31C	9,24C	0,15A	9,8C
L75%	0,63A	6,27B	10,97B	0,15A	10,7B
L100%	0,59B	6,32B	11,68B	0,15A	11,23B
L125%	0,61A	8,09A	17,17A	0,15A	11,84A

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo intervalo de confiança construído pela estatística “t” à 5% de probabilidade.

Verificou-se que houve efeito significativo em todos os componentes avaliados, com exceção do comprimento de vagem (Tabela 8).

O componente (AP) foi favorecido pelas lâminas de irrigação de 75% e 125% respectivamente, e, portanto, diferiram das demais a 5% de probabilidade, enquanto as lâminas 0% e 50% apresentaram o menor efeito para este componente e não impuseram diferença significativa entre si a 5% de probabilidade. Gonçalves et al. (2017) estudando as características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação encontraram resultados inferiores para altura de planta, os valores observados na presente pesquisa para a altura de planta, estão de acordo com os desejados para lavouras que adotam a colheita mecanizada, onde as plantas apresentam altura superior a 50 cm; e porte ereto do tipo I ou II além de resistência ao acamamento.

De acordo com Silva et al. (2009), a demanda por cultivares, com arquitetura de planta que facilite os tratos culturais e a colheita, é muito elevada. Cultivares com o porte mais ereto têm sido uma das principais exigências, tanto dos empresários rurais quanto dos agricultores familiares.

O componente de produção NVP, que apresenta relação direta com a produtividade, apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade em função das lâminas de irrigação, verifica-se que o NVP aumentou com o incremento das lâminas de irrigação, em que a lâmina de 125%, apresentou o melhor desempenho, esse resultado

mostra que há uma relação positiva entre a quantidade de água aplicada e a produção de vagens por planta.

Analisando individualmente cada lâmina de irrigação e seu efeito no sistema de cultivo, fica ainda mais evidente a dependência do incremento hídrico na produção de vagens, o que pode ser facilmente observado na diferença no número de vagens entre as lâminas, sobretudo, no tratamento controle (L0%), que não recebeu água de irrigação após os 15 dias iniciais, teve redução de aproximadamente 57% neste componente, quando comparado com a maior lâmina de irrigação (L125%) (Tabela 9).

Estes resultados corroboram com pesquisas realizadas por Locatelliet al. (2014) que avaliando os componentes de produção, a produtividade e a eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima, concluíram que o número de vagens por planta é diretamente afetado pelo incremento de irrigação, onde obtiveram 12 vagens por plantas com a aplicação de uma lâmina de irrigação de 247,4 mm correspondente a L108,6% da ETo. Da mesma forma, Nascimento et al. (2004), avaliando o efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e a produção de feijão-caupi, verificaram que o número de vagens por planta foi influenciado pelas lâminas de água sendo mais afetado pelo déficit hídrico.

Os resultados encontrados por Andrade Júnior et al. (2002), também corroboram com os valores encontrados no presente trabalho. Estes autores analisaram diferentes níveis de irrigação para o feijão-caupi em Parnaíba - PI, verificando que o componente de produção com maior variabilidade positiva em resposta ao aumento da produtividade de grãos foi o número de vagens por planta. Estes autores encontraram valores de NVP igual a 7,8 e 10,5 com a aplicação da menor lâmina (194,4mm) e 12,3 e 26 com a maior lâmina aplicada (449,1mm) para as duas cultivares de feijão-caupi, BR 14 Mulato e BR 17 Gurguéia, respectivamente.

Ferreira et al. (2010) estudando a performance produtiva do consórcio milho e feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo, observaram também, um comportamento decrescente nas variáveis de produção do caupi em função das lâminas totais de irrigação. O componente de produção que apresentou maior variabilidade positiva em resposta ao aumento da lâmina de irrigação e com implicação direta no aumento de produtividade de grãos foi o número de vagens por planta (NVP).

Analisando o componente peso de vagens - (PV), observou-se que a medida que aumentou a lâmina de irrigação houve um crescente aumento nesse componente em

função das lâminas de irrigação, mostrando que houve diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 8). Este componente de produção teve um incremento de 61,2% na maior lâmina (L125%) em relação a menor (L0%).

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Ferreira et al. (2010), Azevedo et al. (2011), que obtiveram o maior valor para este componente obtido na lâmina de 125% calculada pelo método do Tanque Classe A (ECA), estes autores concluíram ainda que, tanto a deficiência hídrica como o excesso de água causaram redução do peso das vagens. Em que a maior lâmina 902,03mm (L125%) promoveu um de 2,71g e a menor lâmina 223,91 (L0%) produziu vagens com 2,83g, enquanto as lâminas intermediárias conferiam pesos entre 2,89 a 3,13g.

O comprimento de vagens - (CV) é um componente de produção mais afetado pelo fator genético do que pelo ambiente, podemos observar que mesmo aumentado a oferta de água às plantas, para o CV não houve diferença significativa a 5% de probabilidade, nas lâminas aplicadas, ou seja, não houve efeito de lâminas (Tabela 8).

Estes resultados ficaram próximos aos encontrados por Gonçalves et al. (2017), que encontraram valor para comprimento de vagem de 18,86 cm para a cultivar canapu. E Santos et al. (2000) encontraram valores entre 19,7 a 22,6 cm para feijão caupi. Estes autores afirmam que um maior comprimento de vagem possibilita uma maior quantidade de locus, proporcionando maior quantidade de grãos por vagem, porém, é preferível plantas com vagens de tamanho curto ou intermediário, pois, na presença de irrigação, estas podem ter maior contato com o solo úmido, facilitando o ataque das vagens e grãos por microrganismos, prejudicando a produção e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

O número de grãos por vagem – NGV é um importante componente de produção, embora ele esteja mais relacionado com característica genética, é também pelo ambiente (Lopes et al., 2011). Com os resultados apresentados na tabela 1, observa-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade para este componente, sob efeito das diferentes lâminas de irrigação. Observa-se ainda, que o incremento da irrigação contribuiu significativamente para o aumento do NGV, onde a maior quantidade foi obtida pela aplicação da maior lâmina de irrigação – L125% (783 mm).

Estes resultados corroboram com os encontrados por Ferreira et al. (2010), estes autores observaram que NGV apresentou efeito linear em resposta à aplicação das lâminas de irrigação, onde os maiores valores de NGV (14,3) foram obtidos com a maior

lâmina de irrigação aplicada correspondente a 385,8mm. E as curvas de resposta deste componente apresentaram comportamento linear crescente com a aplicação das lâminas de irrigação.

5.1.2. Produtividade e Eficiência do uso da água

Os resultados do intervalo de confiança construído pela estatística “t” á 5% de probabilidade para as quantidades de água aplicada, Lâmina aplicada - LI, produtividade de grãos – PROD e eficiência no uso da água – EUA, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Lâmina acumulada (LI), Produtividade de grãos (PROD) e Eficiência no uso da água (EUA) da cultura do feijão-caupi em cultivado exclusivo, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, no município de Colinas do Tocantins – TO 2016/2017.

Trat.	LI (mm)	Prod Kg ha⁻¹	EUA Kg mm⁻¹
L0%	383	463,32C	1,21
L50%	483	666,10BC	1,38
L75%	583	861,15B	1,48
L100%	683	908,46B	1,33
L125%	783	1333,3A	1,70

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo intervalo de confiança construído pela estatística “t” á 5% de probabilidade.

A partir da observação dos resultados presentes na tabela 10, verifica-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade para a produtividade de grãos – PROD. A análise das médias pelo intervalo de confiança construído pela estatística “t” á 5% de probabilidade, mostrou-se significativa para este componente.

Durante o período experimental ocorreu uma precipitação pluviométrica de 383 mm, de modo que a resposta produtiva sofreu influência também da chuva, além das lâminas de irrigação. Desta forma, a lâmina L0% recebeu 383 mm correspondente a água da chuva. A aplicação das lâminas de irrigação de L50, L75, L100 e L125% da ETo, além da água da chuva recebida, resultaram nas seguintes lâminas totais de irrigação mais a precipitação: 483 mm (L50%), 583 mm (L75%), 683 mm (L100%) e 783 mm (L125%) tabela 10.

A produtividade do feijão-caupi foi bastante afetada pela aplicação das lâminas de irrigação, ou seja, o incremento de água pela irrigação exerceu efeito positivo neste componente. Desta forma, pode-se observar que houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre as lâminas aplicadas para a produtividade de grãos, nota-se ainda que as maiores lâminas foram as que proporcionaram maior incremento na produtividade de grãos – PROD.

Estes valores corroboram com os estudos de Ramos et al.(2012), que obtiveram as maiores produtividades com a aplicação das maiores lâminas de irrigação, estudando o efeito de lâminas de irrigação na produção de grãos das variedades de feijão caupi BRS Paraguaçu e BRS Guariba. Estes dados também corroboram com os encontrados por Ferreira et al. (2010), para produtividade de grãos de feijão caupi em sistema solteiro, estes autores encontraram valores na ordem de 1599,03 Kg ha⁻¹ e 470,78 Kg ha⁻¹, com aplicação das maiores lâminas de irrigação L100% e L125% equivalentes, a 259,1 e 390,1 mm respectivamente.

Os resultados desta pesquisa também corroboram com os dados encontrados por Souza et al. (2011), que estudando a resposta produtiva e a eficiência do uso de água de cultivos de feijão-caupi em sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido nordestino, obtiveram valores de produtividade de grãos secos no sistema exclusivo de caupi na ordem de 571,4 Kg ha⁻¹ e 1320,7 Kg ha⁻¹ correspondente as lâminas de irrigação de L0% e L125%, respectivamente.

Na tabela 10 também são demonstrados os dados referentes à eficiência no uso da água – (EUA) pela cultura do feijão caupi, submetido a diferentes lâminas de irrigação e observou-se que houve diferença nesse componente a medida que aumentou o incremento de água pelas lâminas aplicadas, indicando que algumas lâminas se mostraram mais eficientes, por exemplo a Lâmina 125% se mostrou mais eficiente do que as demais lâminas

Nota-se ainda, que mesmo a L100% tendo tido um incremento de 49% na produtividade de grãos a mais em relação a menor lâmina aplicada (L0%), para isso ela consumiu 44% a mais de água, o que em termos de eficiência representa apenas 9%. Quando comparamos a L100% com a L50%, percebemos que primeira consumiu 29,3% a mais de água e foi apenas 3,6% mais eficiente do que a L50%. Em relação a L75%, o consumo de água pela L100% foi 14,64% a mais de água e apresentou uma eficiência de 10% menor que a L75%.

Estes resultados corroboram com Souza et al. (2011), que estudando a EUA no feijão-caupi em dois sistemas de cultivo, encontraram comportamento semelhantes, onde a maior lâmina aplicada promoveu o maior rendimento de produção de grãos e em relação a EUA, estes autores não observaram diferença significativa entre as lâminas aplicadas, mesmo a maior lâmina tendo promovido maior produção em relação a menor lâmina, a sua EUA não diferiu da menor lâmina e obtiveram os seguintes valores de $2,771 \text{ kg mm}^{-1}$ e $1,69 \text{ kg mm}^{-1}$, para L125% e L0%, respectivamente.

Ramos et al. (2013) avaliaram diferentes lâminas de irrigação sobre a produtividade de grãos e a eficiência do uso da água no cultivo de feijão-caupi e observaram que a eficiência do uso de água para as maiores produtividades de grãos $4,20 \text{ kg/ha/mm}$ e $4,29 \text{ kg/ha/mm}$ foram obtidas com a aplicação das lâminas de irrigação 326 mm e 279 mm, respectivamente, eles afirmam ainda que essas lâminas foram inferiores às que maximizaram a produção de grãos para as cultivares BRS Paraguaçu (423 mm) e BRS Guariba (354 mm)

Locatelliet al. (2014), estudando a eficiência da irrigação sobre diferentes cultivares de feijão-caupi no cerrado de Roraima, constataram redução da eficiência do uso da água com o incremento das lâminas, independentemente do cultivar, em que as maiores eficiências para BRS Guariba ($9,74 \text{ kg/ha mm}^{-1}$), BRS Nova Era ($10,04 \text{ kg mm}^{-1}$) e BRS Pajeú ($13,94 \text{ kg/ha mm}^{-1}$), foram obtidas com a lâmina de 30% da ETo ($107,3 \text{ mm}$) proporcionando produtividades de $1190,67 \text{ kg ha}^{-1}$ com o BRS Guariba, $1113,60 \text{ kg ha}^{-1}$ com o BRS Nova Era e $1545,7 \text{ kg ha}^{-1}$ com o BRS Pajeú.

Uma maneira de avaliar a eficiência dos cultivos agrícolas é por meio da renda bruta aferida pelos mesmos. Deve-se ter em mente, que no momento da tomada de decisão na hora da semeadura, o retorno econômico é o critério mais importante para o agricultor, portanto, conhecer o histórico de preços do produto e seu valor na época da semeadura é um bom indicativo para escolha do tipo de cultivo, para poder beneficiar aquela cultura de melhor preço.

Os resultados encontrados para estimativa da Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/ha, renda líquida lâmina/ha e preço de equilíbrio em R\$/Kg para pagar o projeto são apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Renda Bruta – R\$/ha, Custo da lâmina – R\$/lâmina/ha, Renda Líquida ou Lucro em R\$/ha de cada lâmina/ha e Preço mínimo em R\$/Kg de acordo com o preço médio pago ao produtor no mercado de Colinas do Tocantins – TO em 2016.

Trat	RB	C/L			RL			PE	
		R\$/Lâmina/ha			R\$/ha				R\$/Kg
		1º C	2º C	3º C	1º C	2º C	3º C		
L0%	1445,6	2975,4	2139,8	2139,8	-1530	-694,19	-694,2	6,00	
L50%	2078,2	4306,4	2677,8	2677,8	-2228	-599,67	-599,7	6,00	
L75%	2686,8	4308,3	2679,7	2679,7	-1621	7,10	7,1	5,50	
L100%	2834,4	4310,1	2681,5	2681,5	-1476	152,86	152,9	5,00	
L125%	4159,9	4312,1	2683,4	2683,4	-152,2	1476,5	1477	5,00	

RB = Renda Bruta; C/L = Custo por Lâmina; RL = Renda Líquida; PE = Preço de Equilíbrio; 1º C = Primeiro de ciclo de cultivo; 2º C = Segundo ciclo de cultivo; 3º C = Terceiro ciclo de cultivo

A renda bruta é a relação entre a produção de grãos e o preço pago por kg do produto ao produtor à época, então quanto maior for a produção de grãos, maior será o valor da renda bruta. De acordo com a tabela 10 renda bruta foi favorecida com o incremento das lâminas de irrigação, ou seja, a medida que se aumentou a oferta de água por meio da irrigação, obteve-se maior rendimento de grãos.

A diferença entre a L125% em relação a L0% foi de R\$ 2714,34 o que corresponde a 62,25% a mais de renda bruta. Esta diferença foi um pouco menor do que o valor gasto com a L0% (cerca de R\$ 261,08) sendo que, já no segundo ciclo de cultivo é possível cobrir essa diferença, desta forma justificando-se o uso da irrigação.

Estes resultados corroboram com Alves et al. (2009) que estudaram a avaliação agroeconômica da produção consorciada de cultivares de feijão-caupi com cultivares de mandioca, e encontraram valores de renda bruta de grãos verdes para as cultivares UFRR Grão Verde e BRS Guariba, na ordem de R\$ 7.836,08e R\$ 3.964,25 respectivamente, e grãos secos na ordem de R\$ 4.122,68 e R\$ 2.641,72 para as mesmas cultivares, respectivamente.

Em relação ao custo operacional ou custo de projeto - constituído por gastos empreendidos tais como: aquisição de equipamento de irrigação (diluídos ao longo de 10 anos, referente a vida útil dos equipamentos), aquisição de fertilizantes, corretivos,

agrotóxicos, sementes, preparo do solo (uma aração e uma gradagem), mão de obra para o plantio, aplicação de agrotóxicos e colheita manual (incluindo o ensacamento), além de gastos com energia elétrica, acionamento do conjunto moto-bomba.

Observa-se, que a diferença nos valores de custos entre a lâmina L0% e as demais lâminas de irrigação está relacionado aos gastos com a aquisição dos equipamentos de irrigação, manejo da irrigação e com energia elétrica. A diferença nos valores de custos entre as lâminas de irrigação L50, L75, L100 e L125% está relacionado ao gasto com energia elétrica, que foi crescente com o aumento da lâmina aplicada, uma vez que maior foi o número de vezes em que se acionou o sistema de bombeamento para abastecer o reservatório.

Castro Júnior et al. (2015), estudando a avaliação econômica de diferentes tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, em duas épocas de cultivo, tiveram variação no custo total de produção do feijão-caupi, para o cultivo da primavera e para o outono, na ordem de R\$ 2.034,47 ha⁻¹ e R\$ 1.989,38 ha⁻¹, respectivamente. Observaram ainda que a amplitude entre os custos totais no outono foi menor em relação ao cultivo efetuado na primavera o que se deve às diferenças nas recomendações de lâminas de irrigação entre as épocas.

Mousinho (2005), simulou cultivos irrigados do feijão-caupi, em diferentes cidades do Piauí, e também teve um custo de produção inferior, na ordem de R\$ 1.629,32 ha⁻¹ para São Raimundo Nonato-PI.

Com relação a renda líquida ou saldo do projeto apresentados na tabela 10, podemos observar que os indicadores apontam para um investimento viável, considerando as condições edafoclimáticas de Colinas do Tocantins – TO, indicando que a prática da irrigação garante economicamente o cultivo do feijão-caupi, desde que se faça um manejo correto da irrigação.

Para que se atingisse a capacidade de pagamento do projeto, foi utilizada a simulação do preço de equilíbrio a ser pago por Kg de grãos secos em R\$/Kg para cada lâmina usada, conforme a tabela 10. Embora todas as lâminas apresentem desempenho negativo no primeiro ciclo de cultivo, o que é normal devido o desembolso do investimento, pode-se observar que aplicando o preço de equilíbrio igual a R\$ 4,500 já no primeiro ciclo de produção é possível alcançar a capacidade de pagamento do investimento referente a L125%. Adotando-se o valor de R\$ 5,0 e R\$ 5,5 já é possível pagar os investimentos das lâminas L100 e L75%, respectivamente. Enquanto, para se

conseguir pagar os investimentos com a L50% e com os gastos da L0% (que não dispôs de irrigação) seria necessário operar com o preço pago por Kg de grãos igual a R\$ 6,00.

RAMOS (2011), também avaliou estratégias de irrigação do feijão-caupi, para a produção de grãos verdes em Teresina-PI, e encontrou viabilidade econômica do manejo de irrigação para produção de grãos verdes ou vagens verdes do feijão-caupi.

5.2. Capítulo 2. Experimento 2

5.2.1. Componentes de produtividade

Os resultados das médias comparadas pelo teste de Duncan à 5% de probabilidade para os componentes de produção do feijão-caupi: altura de planta – (AP), peso de vagens – (PV), peso de cem grãos (PCG), produtividade do feijão (PDF), número de vagens por planta – (NVP), comprimento de vagens – (CV) e número de grãos por vagem – (NGV) nos sistemas de cultivo exclusivo de feijão – SEF e no sistema de consórcio – SCMF sob o efeito de diferentes lâminas de irrigação são apresentados na tabela 11

Tabela 11. Componentes de produção do feijão-caupi em sistema de monocultivo e em consórcio: altura de planta (AP), peso de vagens (PV), peso de cem grãos (PCG), produtividade do feijão (PDF), número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CV) e número de grãos por vagem (NGV), submetido a diferentes lâminas de irrigação em Pedro Afonso, TO, 2017.

Feijão-caupi em Monocultivo							
Trat	AP (m)	PV (g)	PCG (g)	PDF (Kg.ha⁻¹)	NVP	CV (cm)	NGV
L0%	0,54 A	15,30 D	14,50 A	1387,66 D	9,08 E	16,62 B	13,15 C
L50%	0,55 A	35,61 C	17,23 A	2294,67 C	12,08 D	15,91 C	13,44 C
L75%	0,60 A	45,62 C	16,08 A	2640,00 C	15,03 C	16,75 B	13,66 C
L100%	0,50 A	59,20 B	16,60 A	3932,53 B	20,64 B	17,10 B	14,35 B
L125%	0,60 A	81,09 A	17,23 A	5800,80 A	27,04 A	18,11 A	15,50 A
Feijão-caupi em Consórcio							
L0%	0,53 B	17,90 D	11,33 B	1137,95 D	10,30 D	16,56 C	12,67 D
L50%	0,61 B	40,07 C	15,51 A	2295,47 C	13,68 C	14,76 D	13,53 C
L75%	0,52 B	37,50 C	15,31 A	2486,93 C	12,57 C	17,40 B	16,13 B
L100%	0,56 B	62,72 B	16,11 A	4307,20 B	21,34 B	17,40 B	15,64 B
L125%	1,03 A	122,70 A	15,62 A	6254,30 A	28,88 A	18,37 A	17,37 A

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo teste Duncan á 5% de probabilidade.

Verificou-se que houve efeito significativo em todos os componentes avaliados nos dois sistemas de cultivo, com exceção apenas para a altura de plantas e o peso de cem grãos para o sistema de monocultivo (Tabela 11), pode-se ainda perceber um efeito positivo na disponibilidade hídrica que reflete direto nas produtividades das culturas. Os maiores incrementos ocorreram com as maiores lâminas de irrigação, com destaque para o componente NVP, que é o principal contribuinte para o aumento da produção, sendo muito sensível ao déficit hídrico principalmente se este ocorrer no período da floração.

No sistema consorciado, devido à competição entre as espécies, o crescimento mais acentuado foi verificado no tratamento de 125% ETo, resultando em maior produtividade. Com relação ao componente altura de plantas no sistema de consórcio foi favorecido pela lâmina de irrigação de 125% e, portanto, diferiu das demais a 5% de probabilidade, ou seja, a altura de plantas foi diretamente proporcional a lâmina d'água de irrigação conforme pode ser observado na tabela 11, estes resultados corroboram com Locatelli et al. (2016) que estudaram o desenvolvimento vegetativo de caupi submetidos a diferentes lâminas de irrigação e Oliveira et al. (2012) que trabalharam com uma cultivar de feijão-caupi e observaram diminuição na altura das plantas com o aumento do déficit hídrico. Este componente é muito significativo, sobretudo, por contribuir para adoção de um modelo mais tecnificado para colheita de grãos, pois plantas com porte mais ereto são as preferidas por este tipo de agricultura.

O NVP é o principal contribuinte para o aumento da produção, sendo muito sensível ao déficit hídrico no período de floração. Este componente de produção nos dois sistemas de monocultivo foi favorecido com o incremento da lâmina de irrigação, tendo diferido a 5% de probabilidade em todas as lâminas, a medida que aumentou-se a quantidade de água fornecida às plantas aumentou-se o número de vagens por planta. Sendo na lâmina de irrigação de 125% a que apresentou o melhor desempenho deste componente e na lâmina L0% o pior desempenho, com médias de 27,04 e 9,08, respectivamente. Estes valores ficaram acima dos encontrados por Gonçalves, et al. (2017), que estudando as mesmas características de produção com duas variedades de feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação, encontraram médias para este componente de produção de 8,63 e 15,16.

Souza et al. (2014), estudando o crescimento e a produtividade do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas de cultivo e disponibilidade hídrica no Semiárido, também observaram que os componentes de produção do feijão-caupi eram favorecidos com o aumento das lâminas de irrigação. Estes autores encontraram valores para as mesmas lâminas de irrigação, abaixo dos encontrados nesse estudo com relação ao componente NVP.

Ramos et al. (2014) estudaram a produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos e encontraram valores máximos para o número de vagens verdes por planta de (21,0), para a cultivar BRS Guariba com a aplicação das lâminas de

irrigação de 125% ETo, e o máximo valor (14,0), para cultivar BRS Paraguaçu, foi obtido com a aplicação das lâminas de irrigação 100% ETo.

Os resultados deste trabalho também foram superiores aos obtidos por Brito et al. (2012) que avaliando a produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido pernambucano, observaram número de vagens verdes por planta de (8,1) para a cultivar de feijão-caupi BRS-Pujante.

O componente número de vagens por planta no sistema de consórcio foi favorecido com o incremento da lâmina de irrigação, tendo diferido em todas as lâminas ($P < 0,05$), exceto nas lâminas L50% e L75% que, porém, diferiram das demais ($P < 0,05$). À medida que aumentou-se a quantidade de água fornecida às plantas aumentou-se o número de vagens por planta. Sendo na lâmina de irrigação de 125% a apresentação do melhor desempenho deste componente e na lâmina L0% o pior desempenho. Os valores encontrados também foram superiores aos encontrados por Souza et al. (2014) que também obtiveram valores mais acentuados de NVP na maior lâmina de irrigação correspondente a 125% da ETo. E semelhantemente, Ferreira et al. (2010), analisando a performance produtiva do milho e do feijão-caupi sob diferentes regimes de irrigação, encontraram valores para o componente NVP inferior aos encontrados nessa pesquisa.

O incremento da lâmina de irrigação também favoreceu o PV nos dois sistemas de cultivo, tendo diferido ($P < 0,05$) em todas as lâminas, exceto nas lâminas L50% e L75%, porém diferentes das demais ($P < 0,05$). À medida que aumentou-se a quantidade de água fornecida às plantas aumentou-se o peso de vagens. Sendo na lâmina de irrigação de 125% a apresentação do melhor desempenho deste componente e na lâmina L0% o pior desempenho.

O componente de produção comprimento de vagem – (CV) foi favorecido pela L125% que resultou no maior ($P < 0,05$) comprimento de vagens no sistema de monocultivo, seguido de L100%, L75% e L0% que não diferiram entre si ($P > 0,05$), enquanto, o menor comprimento de vagens ocorreu com a aplicação da lâmina L50% (Tabela 11). Observa-se que embora, estes valores não se situem dentro dos padrões comerciais, que exigem normalmente vagens com comprimento superiores a 20 cm, característica desejável para colheita manual, pois, há uma relação direta entre o comprimento da vagem e o número de grãos por vagem. Porém, comprimento de vagens abaixo deste valor, são preferidos nas colheitas semi-mecanizadas e mecanizadas, onde vagens grandes e elevado número de grãos não são tão importantes, quanto o número de

vagens por planta por exemplo. Atualmente, para esses dois tipos de colheita, vagens menores com menor número de grãos e, conseqüentemente, mais leves, são preferidas, pois permitem melhor sustentação, reduzindo a possibilidade de dobramento e quebra do pedúnculo. Por serem mais leves, as vagens ficam menos sujeitas a encostar ao solo, o que reduz a possibilidade de ocorrência de perdas por apodrecimento.

Silva & Neves et al. (2011), estudaram a produção de feijão-caupisemi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado, e também encontraram valores dentro dessa faixa. Em seus estudos dividiram os cultivares de feijão-caupiem em dois grupos com relação ao comprimento de vagens em dentro e fora dos padrões comerciais.

Os valores de CV obtidos (Tabela 11) situaram-se próximos aos encontrados por Ramos et al. (2014), que, estudando a produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos, encontraram os maiores valores para as L125% ET0 com 18,97 cm e 19,80 cm, e os menores valores foram de 17,42 cm e 17,57 cm, com as L25% ET0 para as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Guariba, respectivamente.

TAIZ & ZEIGER (2009), afirmam que essa menor redução do CV em relação aos outros componentes de produção ocorre porque, durante o déficit hídrico, os assimilados são dirigidos para os frutos e distanciados das raízes, razão pela qual o comprimento médio de vagens verdes tem menor sensibilidade ao estresse hídrico.

No sistema de consórcio o comprimento de vagens também diferiu significativamente a 5% de probabilidade em todas as lâminas, exceto nas lâminas L75% e L100% que foram estatisticamente iguais, porém diferentes das demais. As médias desse componente situaram entre 14,76 para a L50% e 18,37 para L125%. Souza, et al. (2014), não observaram mudança significativa no CV em relação as diferentes lâminas de irrigação aplicadas em seus estudos, contudo os valores encontrados por eles, situaram-se entre 15,7 para a L0% e 22,4 para L125% ET0 no cultivo exclusivo de feijão-caupi e 18,4 para L0% e 22,6 para L75%.

Nesses estudos foram encontrados valores para este componente de produção próximo a estes (Tabela 11). Os valores encontrados na pesquisa também corroboram com Gonçalves, et al. (2017), que estudaram as características fisiológicas e os componentes de produção de duas variedades de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação e encontraram médias 18,86 a 20,62 para variedade BRS Acauã, respectivamente.

O número de grãos por vagens – NGV é um importante indicador de produção ao lado do NVP para o feijão-caupi. Nesse trabalho esse componente de produção no sistema de monocultivo diferiu significativamente a 5% de probabilidade em todas as lâminas, exceto nas lâminas L0%, L50% e L75% que foram estatisticamente iguais entre si. Mais uma vez, observou-se que o incremento de irrigação foi positivo, justificando a adoção da tecnologia de irrigação. Assim, a lâmina de irrigação que apresentou o melhor desempenho neste componente foram as lâminas L125% e a L100%.

Locatelliet al. (2014), estudaram os componentes de produção, a produtividade e a eficiência de lâminas de irrigação de duas variedades de feijão-caupi em uma região de cerrado em Roraima, e encontraram valores abaixo dos encontrados nesse trabalho (Tabela 11) para o componente número de grãos por vagem, com médias 7,96 e 13,8. Nestes estudos também foram encontrados valores acima dos encontrados por Souza, et al. (2014), que obtiveram médias de 7,9 e 11,7 para as L0% e L125%, respectivamente.

O componente número de grãos por vagens no sistema de consórcio também foi favorecido com o incremento da lâmina de irrigação, tendo diferido a 5% de probabilidade em todas as lâminas, exceto nas lâminas L75% e L100% que foram estatisticamente iguais entre si (Tabela 11). À medida que aumentou-se a quantidade de água fornecida às plantas aumentou-se o número de grãos por vagem, observa-se com isso, uma relação direta entre a oferta de água e o aumento de produção via número de grãos por vagem.

Silva et al. (2016) avaliaram o rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro, e também encontraram valores próximos aos encontrados nesses estudos (Tabela 11), onde as médias para o número de grãos por vagens, no sistema de cultivo irrigado e sequeiro, oscilaram de 13,13 a 15,83 grãos para cultivar BRS Juruá e para linhagem MNC01-649F-2-11, respectivamente.

Sabe-se ainda que, a disponibilidade hídrica nas fases de florescimento e enchimento de grãos é extremamente importante para a produção de vagens bem granadas. Sendo na lâmina de irrigação de 125% a apresentação do melhor desempenho deste componente e na lâmina L0% o pior desempenho (Tabela 11).

Com relação ao componente de produção, peso de cem grãos, não se observou diferenças significativas no sistema de cultivo SEF submetido a diferentes lâminas de irrigação, em que as médias se situaram entre 14,50 g e 17,23 g, para a L0% e L125%, respectivamente. Porém, no SCMF este componente de produção foi favorecido pelas

lâminas de irrigação, onde a L0% apresentou o menor rendimento e diferiu ($P < 0,05$) das demais lâminas que, no entanto, não diferiram entre si ($P > 0,05$). Observa-se no SCMF, que o incremento de irrigação contribuiu para o peso de grãos e que no consórcio entre culturas evidencia a competição pela água.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Silva e Neves (2011), e por Silva et al. (2016).

A produtividade de grãos do feijão - PDF envolve um conjunto de componentes de produção como o NVP, NGV e o PCG, qualquer variação em um destes componentes a produtividade será alterada, para este estudo a PDF observada pela produtividade de grãos secos, foi afetada pela oferta de irrigação, tanto no SEF quanto no SCMF, conforme pode ser observado na Tabela 11. As médias foram agrupadas em quatro grupos tanto no SEF quanto no SCMF.

Nos dois sistemas de cultivo, as lâminas de irrigação L50% e L75% não diferiram estatisticamente entre si, porém foram superiores a L0% que apresentou o menor rendimento dentre todas as lâminas aplicadas, e foram inferiores as lâminas L100% e L125%. O incremento de irrigação contribuiu para o aumento da produtividade, em que a diferença da L125% para a L0% foi de 4413,14 Kg ha⁻¹ no SEF e 5116,35 Kg ha⁻¹ para o SCMF. Estes valores foram superiores aos encontrados por Silva et al. (2016) que, estudaram o rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro, e encontraram variação de 884,37 a 1528,13 kg ha⁻¹ no sistema de cultivo irrigado e de 698,75 a 1333,13 Kg ha⁻¹ no sistema de sequeiro.

Os valores encontrados em nesse estudo também foram superiores aos encontrados por Locatelliet al. (2014), que avaliaram os componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi e que também observaram aumento de produtividade com o incremento da irrigação, porém obtiveram as maiores médias entre 1529,6 e 1545,07 Kg há⁻¹.

Outros autores trabalhando com os componentes de produção do feijão-caupi sob efeito da aplicação de lâminas de irrigação, também observaram o mesmo comportamento em relação ao incremento da irrigação e obtiveram as maiores produtividade com a aplicação das maiores lâminas de irrigação, (Blanco et al. 2011; Ramos et al. 2012 e Gomes et al. 2012).

No entanto, os resultados encontrados por Souza et al. (2011) em que a aplicação da L100% da ETo resultou em maior produtividade de grãos totalizando 1374,7 kg ha⁻¹ portanto, 65% inferiores aos encontrados neste trabalho (Tabela 12) para a mesma lâmina e, a lâmina de 125% resultou em diminuição da produtividade, apontam para uma outra observação, a de que o aumento de lâminas de irrigação acima do tolerado para cultivar, pode ser prejudicial.

Os resultados das médias comparadas pelo teste de Duncan à 5% de probabilidade para os componentes de produção do milho: altura de planta – (AP), altura de espiga – (AE), comprimento de espiga empalhada – (CEE), comprimento de espiga despalhada – (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), massa de espiga empalhada (MEE), massa de espiga despalhada (MED) e produtividade de milho verde (PDM nos sistemas de cultivo exclusivo de milho – SEM e no sistema de consórcio – SCMF sob o efeito de diferentes lâminas de irrigação são apresentados na tabela 12.

Tabela 12. Componentes de produção do milho em sistema de monocultivo e em consórcio: altura de planta (AP), altura de espiga (AE), comprimento de espiga empalhada (CEE), comprimento de espiga desempalhada (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), massa de espiga empalhada (MEE), massa de espiga desempalhada (MED) e produtividade do milho (PDM) submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Pedro Afonso, TO, 2017.

Milho em Monocultivo								
Trat.	AP (m)	AE (m)	CEE (cm)	CED (cm)	DEE (cm)	MEE (g)	MED (g)	PDM (Kg.ha⁻¹)
L0	0,92 BC	0,37 BC	21,15 C	15,21 A	3,88 A	77,29 C	46,22 E	6183,33 B
L50	0,97 B	0,38 B	22,54 A	13,63 B	3,75 A	115,76 A	69,03 B	9278,40 A
L75	0,90 C	0,36 BC	22,02 AB	13,70 B	3,33 A	107,40 B	64,86 C	10843,56 A
L100	0,88 C	0,35 C	21,48 BC	15,78 A	3,92 A	113,77 A	83,15 A	9101,87 A
L125	1,04 A	0,46 A	21,79 BC	13,83 B	3,82 A	107,68 B	55,73 D	8614,40 A
Milho em Consórcio								
L0	0,77 D	0,36 B	20,47 D	14,04 B	3,59 A	57,22 D	33,60 E	4577,60 B
L50	0,82 C	0,32 C	21,38 C	12,83 C	3,69 A	95,30 B	52,60 C	7624,00 A
L75	0,88 B	0,34 BC	19,38 E	12,48 C	3,33 A	80,68 C	49,30 D	6454,13 A
L100	0,92 B	0,35 B	22,97 A	14,71 A	3,85 A	103,59 A	55,83 B	8287,20 A
L125	1,05 A	0,43 A	22,08 B	14,69 A	3,88 A	100,85 A	68,41 A	8068,00 A

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo teste Duncan á 5% de probabilidade.

Verificou-se que houve efeito significativo em todos os componentes avaliados nos dois sistemas de cultivo, com exceção apenas para o diâmetro de espigas empalhadas (DEE) nos dois sistemas de cultivo que não diferiram entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan (Tabela 12).

Blanco et al. (2011) em seus estudos com milho verde e feijão caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo, também observaram que o diâmetro de espiga teve pequeno aumento com o incremento das lâminas de irrigação e passou de 4,7 cm, na lâmina L70%, para 5,4 cm em L220%.

Ribeiro et al. (2017), estudando a produção de milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina-PI, não encontraram diferença significativa no diâmetro de espigas empalhadas, com médias em torno de 5,54 e 5,58 para os dois sistemas de gotejamento testados.

Barbosa et al. (2017) também observaram que não houve diferença significativa para o efeito de lâminas de irrigação no componente diâmetro de espigas empalhadas, em seus estudos encontraram valores que oscilaram de 4,94 cm a 5,63 cm de diâmetro. Estes valores ficaram próximos aos encontrados nessa pesquisa

Percebe-se também de forma geral um efeito positivo nos componentes de produção, à medida que se aumenta a disponibilidade hídrica. Na maior parte dos componentes avaliados, os maiores incrementos ocorreram com as maiores lâminas de irrigação, com destaque principalmente para as lâminas L100% e L125% (Tabela 12).

Para os componentes altura de planta – (AP) e altura de espiga – (AE) o tratamento L125% foi o mais eficiente nos dois sistemas de cultivo, sendo este tratamento estatisticamente diferente dos demais (Tabela 12). Este efeito está relacionado a um conjunto de fatores como variedade, disponibilidade de nutrientes e principalmente disponibilidade hídrica, sobretudo, nos períodos críticos que se estende do pendoamento ao enchimento de grãos.

Com relação ao comprimento de espigas empalhadas (CEE), o efeito de lâmina foi positivo apenas no sistema de cultivo SCMF em que os melhores desempenhos ocorreram com a aplicação das L100% e L125%, com destaque para a primeira. Enquanto no SEM, o efeito de lâmina foi inverso, onde a L50% apresentou o melhor desempenho ao lado da L75% não diferindo entre a 5% de probabilidade, porém a L75% não diferiu da L100% e L125%. Nota-se ainda, que os menores desempenhos foram alcançados pelo tratamento controle que não recebeu água de irrigação a saber a L0%,

seguida pelas L100% e L125%, desta forma, acredita-se que o tanto a redução quanto aumento da lâmina aplicada foi prejudicial a cultura do milho em sistemas exclusivo. (Tabela 12). É importante destacar que estes valores estão dentro dos padrões normais de comercialização de milho verde, pois há uma preferência do consumidor por espigas verdes acima de 20 cm de comprimento e bem granadas.

Notadamente os dois sistemas de cultivo atenderam a esse padrão de exigência, daí a necessidade de um manejo de irrigação adequado.

Estes resultados foram superiores aos encontrados por Ferreira et al. (2010) que estudaram a performance produtiva do consórcio milho – feijão caupi sob disponibilidade hídrica do solo e embora tenham observado um decréscimo no comprimento de espigas com a redução da água disponível, obtiveram médias que oscilaram de 9,58 a 17,93 cm de comprimento de espigas empalhadas.

Os resultados deste trabalho ficaram próximos dos encontrados por Ribeiro et al. (2017) que obtiveram comprimentos de espigas empalhadas acima de 28 cm com a aplicação de irrigação por gotejamento na produtividade de milho verde.

Em relação ao comprimento de espigas despalhadas, observou-se efeito do incremento de irrigação apenas no sistema de consórcio, onde notadamente a competição entre as espécies envolvidas concorreram para a redução do tamanho das espigas. Nota-se que no SEM as L0% e L100% foram estatisticamente iguais, porém superiores as demais lâminas que não diferiram entre si a 5% de probabilidade. Enquanto que no SCMF somente as L100% e a L125% foram superiores e não diferiram entre si. Neste sistema de cultivo as L50% e L75% foram estatisticamente iguais e apresentaram os menores desempenhos (tabela 12).

Os resultados para CEE e CED encontrados nesses estudos ficaram próximos dos obtidos por Rocha et al. (2011) em experimento realizado no município de Teresina-PI, com diferentes cultivares e populações de plantas irrigadas por aspersão convencional.

Barbosa et al. (2017) estudaram os componentes de produção do milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada e observaram que não houve diferença significativa para o comprimento de espigas conforme a aplicação das lâminas de irrigação, e encontraram médias entre 13,55 a 15,83 cm, estes resultados foram inferiores aos valores encontrados nesses estudos tanto no sistema de cultivo exclusivo quanto no sistemas de consórcio.

Analisando a produção do milho, pode-se constatar que a consorciação e a diminuição da disponibilidade hídrica promoveram a redução na massa da espiga com e sem palha (MEE e MED). Com isso, observa-se que o incremento de irrigação favoreceu a esses componentes de produção, nos dois sistemas de cultivos. Observa-se com relação a MEE que no SEM as lâminas que conferiram os melhores desempenhos foram as L50% e L100% que não diferiram entre si, mas foram superiores as demais. Enquanto as L75% e L125% foram iguais entre si, enquanto a L0% apresentou o pior desempenho. No sistema de consórcio, apenas as L100% e L125% apresentou melhor desempenho para este componente e não diferiram entre si a 5% de probabilidade.

Para o componente MED, que também foi favorecido pelo incremento da irrigação, no SEM L100% foi a que teve o melhor desempenho e a L0% o pior desempenho. Enquanto que no SCMF o melhor desempenho foi obtido pela lâmina 125% e o pior desempenho pela L0%.

Os valores encontrados nesse trabalho para os componentes de produção MEE e MED foram próximos aos encontrados por Souza et al. (2014), que estudaram o crescimento e produtividade do Milho e do feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido, em ambos os sistemas de cultivo.

Em relação a produtividade de milho – PDM em kg há^{-1} , (espigas verdes), observa-se que este componente foi afetado pela aplicação das lâminas de irrigação tanto no sistema de monocultivo quanto no consórcio, em que nos dois sistemas de cultivos todas as lâminas aplicadas conferiram resultados superiores a L0%, e não diferiram entre si a 5% de probabilidade. As médias auferidas oscilaram entre 6183,33 a 10843,56 Kg há^{-1} no SEM e de 4577,60 a 8287,20 Kg há^{-1} no SCMF, estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Ribeiro et al. (2017) que também trabalharam com os componentes de produção de milho verde irrigado por gotejamento e encontraram valores para produção de espigas verde dentro da mesma faixa de produtividade dos nossos trabalhos.

Estes resultados corroboram com as pesquisas realizadas por Dantas Júnior et al. (2016) que estudaram efeito de lâminas de irrigação localizada e adubação potássica na produção de milho verde, em condições semiáridas, estes autores encontraram valores máximos de 10,65 t há^{-1} de espigas de milho verde. Estes estudos também resultaram em produtividades de espigas verdes por ha superiores aos encontrados por Blanco et al. (2011), Moraes et al. (2010) e Albuquerque et al. (2008), que obtiveram 7,62; 6,36 e 4,35 t

há⁻¹, respectivamente. Esses autores trabalharam com componentes de produção em condições de oferta de água e nutrientes adequados.

Nas tabelas 13 e 14 são demonstrados os dados referentes à Eficiência do uso de água (EUA, (kg há⁻¹mm⁻¹) e o Índice de Equivalência de Área das culturas do milho e feijão-caupi em sistemas de plantio exclusivo e consorciado, submetidas às diferentes lâminas de água, os resultados das médias foram comparados pelo teste de Duncan à 5% de probabilidade.

Tabela 13. Lâmina aplicada (LI), Produtividade de grãos (PROD), Eficiência no uso da água (EUA) e o Índice de Equivalência de Área (IEA) das culturas do feijão-caupi e do milho em cultivado exclusivo, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, no município de Pedro Afonso – TO 2016/2017.

Trat.	LI (mm)	Produção (Kgha ⁻¹)		EUA Kg.ha ⁻¹ . mm ⁻¹		IEA
		Feijão-caupi	Milho	Feijão- caupi	Milho	
L0%	585,20	1387,66D	6183,33B	2,4	10,57	1,56
L50%	1093,82	2294,67C	9278,40A	2,1	8,5	1,82
L75%	1969,35	2640,00C	10843,50A	1,3	5,5	1,54
L100%	2521,54	3932,53B	9101,87A	1,6	3,6	2,0
L125%	3319,58	5800,80A	8614,40A	1,7	2,3	2,0

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo teste de Duncan á 5% de probabilidade.

Tabela 14. Lâmina aplicada (LI), Produtividade de grãos (PROD) e Eficiência no uso da água (EUA) e o Índice de Equivalência de Área (IEA) das culturas do feijão-caupi e do milho em cultivado consorciado, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, no município de Pedro Afonso – TO 2016/2017.

Trat.	LI (mm)	Produção (Kgha ⁻¹)		EUA Kg.ha ⁻¹ mm ⁻¹		IEA
		Feijão-caupi	Milho	Feijão-caupi	Milho	
L0%	585,20	1137,95D	4577,60B	1,9	7,8	1,56
L50%	1093,82	2295,47C	7624,00A	2,1	7,0	1,82
L75%	1969,35	2486,93C	6454,13A	1,3	3,3	1,54
L100%	2521,54	4307,20B	8287,20A	3,3	3,4	2,0
L125%	3319,58	6254,30A	8068,00A	1,9	2,4	2,0

*Médias seguidas por letras diferentes (coluna) diferem entre si pelo teste de Duncan á 5% de probabilidade

Com relação ao milho as lâminas de L50%, L75%, L100% e L125% não diferiram entre si a 5% de probabilidade nos dois sistemas de cultivo conferindo o melhor desempenho, enquanto a L0% apresentou o pior resultado para a produção de grãos, indicando uma relação direta do incremento de água com a produção, uma vez que o milho é uma cultura mais sensível ao regime hídrico. Quanto ao feijão-caupi, observa-se que o incremento de água foi notadamente favorável a produção de grãos, em que a maior lâmina (L125%) aplicada proporcionou a maior produção e a menor lâmina (L0%) conferiu o pior desempenho. Observa-se ainda que as lâminas L50% e L75% não diferiram entre si a 5% de probabilidade, tanto no sistema SEF quanto no SCMF.

No sistema de plantio exclusivo SEM, verificou-se que a eficiência do uso de água (EUA) decresceu com o incremento da lâmina de água aplicada, sendo a maior EUA obtida com as lâminas de L0% e L50% Tabela 13, sendo que estas não diferiram entre si a 5% de probabilidade, enquanto as demais lâminas apresentaram menor EUA não diferindo entre si a 5% de probabilidade. Mesmo as maiores lâminas tendo conferido maiores produções, elas não foram tão eficientes no uso da água, pois para alcançar estas produções tiveram que consumir grandes volumes de água. Assim, cabe destacar que, embora a lâmina 125% ter proporcionado maior produção de grãos, na análise da eficiência de uso de água mostra que a lâmina L0% e a L50% da ETo foram mais eficientes, no uso da água aplicada. Porém, este comportamento não foi observado no SCMF, onde a EUA não teve diferença a 5% de probabilidade para o milho nesse cultivo, observa-se que todas as lâminas foram eficientes (Tabela14).

Com relação ao feijão-caupi, em sistema de plantio exclusivo SEF, verificou-se que a EUA não diferiu a 5% de probabilidade entre as lâminas L0%, L50%, L100% e L125%, conferindo os melhores desempenhos, enquanto a L75% diferiu das demais a 5% de probabilidade, apresentando a menor EUA nesse sistema de cultivo. Já no SCMF, a EUA foi favorecida pelas lâminas e pelo consórcio, e não diferiram entre si a 5% de probabilidade.

Estes resultados corroboram Andrade Júnior et al., (2002) que estudaram a cultivar de feijão BR14 Mulato sob quatro diferentes lâminas de irrigação (449,1; 428,6; 317,1 e 194,4 mm), e encontraram valores máximos de eficiência do uso da água para a lâmina de irrigação de 306,3 mm. Souza et al. (2011) estudando a eficiência do uso da água das culturas do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas de cultivo e lâminas de irrigação, encontraram valores bem próximos aos desse estudo, apontando em suas análises que

nem sempre as maiores produções são acompanhadas de maior eficiência no uso da água.

O IEA indica a soma das áreas necessárias a serem cultivadas em monocultivo com ambas as culturas, para que seja alcançada a produtividade de 1,0 ha no sistema consorciado. Sendo que quanto mais alto o valor do IEA, mais vantajoso é o sistema de cultivo.

Observa-se que todos os tratamentos tiveram IEA maior que 1,0. Isso evidencia que houve efeito favorável na produtividade pelo sistema em consórcio, pode-se ainda afirmar que praticamente todos os tratamentos em consórcio estudados proporcionaram produção adicional, em comparação aos monocultivos de milho e do feijão-caupi. nota-se ainda, que os maiores IEA foram conseguidos nas menores lâminas de irrigação aplicadas (Tabelas 13 e 14).

Outros autores trabalhando com diferentes sistemas de consórcio envolvendo o feijão-caupi e outras culturas, também observaram menor rendimento do feijão-caupi cultivado em consórcio do que em monocultivo (Viegas Neto et al., 2012, Albuquerque et al., 2012, Albuquerque et al., 2015).

Souza et al. (2011), observaram redução da produtividade do milho e do feijão-decorda em consórcio na qual a produção média do milho, em consórcio com o feijão-caupi, teve um decréscimo de 13% em relação ao monocultivo, e para o feijão-caupi, essa redução foi da ordem de 66%.

Os resultados deste trabalho também corroboram com os encontrados por YILMAZ et al. (2007) que observaram redução na produtividade de grãos do feijão-caupi, comparado ao cultivo solteiro, em todas as combinações com milho. Hamd Alla et al. (2014) observaram maior produtividade de grãos do milho em consórcio com feijão-caupi, quando comparado ao cultivo solteiro.

Bezerra et al. (2008), avaliando os efeitos de diferentes arranjos populacionais sobre características morfológicas e de produção em genótipos modernos de feijão-decorda, observaram máximo rendimento de grãos (1.835 kg há^{-1}) para o nível populacional de $300.000 \text{ plantas há}^{-1}$.

Os resultados encontrados para estimativa da Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/há e renda líquida lâmina/ha para o milho e o feijão-caupi submetidos a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de cultivo em Pedro Afonso – TO são apresentados nas tabelas 15 a 18.

Tabela 15. Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/há e renda líquida lâmina/ha para o feijão-caupi em sistema de cultivo exclusivo submetido a diferentes lâminas de irrigação em Pedro Afonso – T (2016/2017)

Trat	RB	C/L			RL			
	R\$/Lâmina/ha						R\$/ha	
	1º C	2º C	3º C	1º C	2º C	3º C		
L0%	4329,50	3126,50	2539,75	2539,75	1203,00	1789,75	1789,75	
L50%	7159,37	4466,48	3079,73	3079,73	2692,90	4079,65	4079,65	
L75%	8236,80	4475,87	3089,12	3089,12	3760,93	5147,68	5147,68	
L100%	12269,49	4492,04	3105,29	3105,29	7777,46	9164,21	9164,21	
L125%	18098,50	4502,23	3115,48	3115,48	13596,26	14983,01	14983,01	

RB = Renda Bruta; C/L = Custo por Lâmina; RL = Renda Líquida; 1º C = Primeiro de ciclo de cultivo; 2º C = Segundo ciclo de cultivo; 3º C = Terceiro ciclo de cultivo

Tabela 16. Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/há e renda líquida lâmina/ha para o feijão-caupi em sistema de cultivo consorciado submetido a diferentes lâminas de irrigação e sistemas de cultivo em Pedro Afonso – T (2016/2017)

Trat	RB	C/L			RL			
	R\$/Lâmina/ha						R\$/ha	
	1º C	2º C	3º C	1º C	2º C	3º C		
L0%	3550,40	3126,50	2539,75	2539,75	423,90	1010,65	1010,65	
L50%	7161,87	4466,48	3079,73	3079,73	2695,39	4082,14	4082,14	
L75%	7759,22	4475,87	3089,12	3089,12	3283,35	4670,10	4670,10	
L100%	13438,46	4492,04	3105,29	3105,29	8946,43	10333,18	10333,18	
L125%	19513,42	4502,23	3115,48	3115,48	15011,18	16397,93	16397,93	

RB = Renda Bruta; C/L = Custo por Lâmina; RL = Renda Líquida; 1º C = Primeiro de ciclo de cultivo; 2º C = Segundo ciclo de cultivo; 3º C = Terceiro ciclo de cultivo

Tabela 17. Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/há e renda líquida lâmina/ha para o milho em sistema de cultivo exclusivo submetido a diferentes lâminas de irrigação em Pedro Afonso – T (2016/2017)

Trat	RB	C/L			RL			
	R\$/Lâmina/ha						R\$/ha	
	1º C	2º C	3º C	1º C	2º C	3º C		
L0%	4946,66	3126,50	2539,75	2539,75	1820,16	2406,91	2406,91	
L50%	7422,72	4455,67	3068,92	3068,92	2967,05	4353,80	4353,80	
L75%	8674,80	4455,67	3068,92	3068,92	4219,13	5605,88	5605,88	
L100%	7281,50	4455,67	3068,92	3068,92	2825,83	4212,58	4212,58	
L125%	6891,52	4455,67	3068,92	3068,92	2435,85	3822,60	3822,60	

RB = Renda Bruta; C/L = Custo por Lâmina; RL = Renda Líquida; 1º C = Primeiro de ciclo de cultivo; 2º C = Segundo ciclo de cultivo; 3º C = Terceiro ciclo de cultivo

Tabela 18. Renda Bruta (R\$/ha), custo por lâmina/há e renda líquida lâmina/ha para o milho em sistema de cultivo consorciado submetido a diferentes lâminas de irrigação em Pedro Afonso – T (2016/2017)

Trat	RB	C/L			R L			
	R\$/Lâmina/ha						R\$/ha	
	1º C	2º C	3º C	1º C	2º C	3º C		
L0%	3662,08	3126,50	2539,75	2539,75	535,58	1122,33	1122,33	
L50%	6099,20	4455,67	3068,92	3068,92	1643,53	3030,28	3030,28	
L75%	5163,30	4455,67	3068,92	3068,92	707,63	2094,38	2094,38	
L100%	6629,76	4455,67	3068,92	3068,92	2174,09	3560,84	3560,84	
L125%	6454,40	4455,67	3068,92	3068,92	1998,73	3385,48	3385,48	

RB = Renda Bruta; C/L = Custo por Lâmina; RL = Renda Líquida; 1º C = Primeiro de ciclo de cultivo; 2º C = Segundo ciclo de cultivo; 3º C = Terceiro ciclo de cultivo.

A renda bruta é a relação entre a produção de grãos e o preço pago por kg do produto ao produtor na praça à época, então quanto maior for a produção de grãos, maior

será o valor da renda bruta. De acordo com as tabelas de 15 a 18 a renda bruta foi favorecida com o incremento das lâminas de irrigação, ou seja, a medida que se aumentou a oferta de água por meio da irrigação, obteve-se maior rendimento de grãos, em todos os sistemas de cultivos avaliados. Mesmo operando com preços abaixo dos praticados com a venda direta ao consumidor, os investimentos no aporte de irrigação, valeram a pena, observa-se que as diferenças entre as rendas auferidas pelas lâminas são bem maiores do que os custos com a aquisição dos equipamentos de irrigação. Quando se compara as lâminas L0% com a L50% já dá para observar a grande vantagem da segunda sobre a primeira, por exemplo somando as rendas das duas culturas em sistema de consórcio, a L50% confere anualmente uma renda líquida de R\$ 18563,76 contra R\$ 5225,45 da L0%, ou seja, um valor de 71,85% ou R\$ 13338,31 a mais no bolso do produtor anualmente. E esse percentual é ainda maior quando se compara a maior lâmina aplicada L125% com R\$ 56576,74 contra R\$ 5225,45 da L0%, obtendo-se um valor total de R\$ 51351,29.

Observa-se ainda que ao final do terceiro ciclo de produção do feijão-caupi exclusivo já é possível recuperar todo o capital investido no projeto, e se levar em conta o sistema de consórcio onde foram somadas as rendas das duas culturas o pagamento do projeto é ainda mais rápido.

Os custos do projeto produção do feijão-caupi, a exemplo do que ocorreu com o custo de irrigação, obteve valores maiores para o cultivo do primeiro ciclo e menores para os ciclos subsequentes, uma vez os gastos com instalação de equipamentos somente serão computados no primeiro momento, bem como algumas operações a exemplo do preparo do solo, adubação e calagem, serão realizadas uma vez ao ano e no caso das adubações, estas serão suplementares devido o efeito residual dos cultivos anteriores. Outro fator a considerar, é o consumo de energia elétrica para funcionamento do conjunto moto-bomba este será utilizado tantas vezes forem exigidas para encher o reservatório.

Castro Júnior et al. (2015), estudando a avaliação econômica de diferentes tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, tiveram variação no custo total de produção do feijão-caupi, para o cultivo em duas estações do ano a primavera e para o outono, na ordem de R\$ 2.034,47 ha⁻¹ e R\$ 1.989,38 ha⁻¹, respectivamente. Observaram ainda que a amplitude entre os custos totais no outono foi menor em relação ao cultivo efetuado na primavera o que se deve às diferenças nas recomendações de lâminas de irrigação entre as épocas.

Mousinho (2005), simulou cultivos irrigados do feijão-caupi, em diferentes cidades do Piauí, e também teve um custo de produção inferior, na ordem de R\$ 1.629,32 ha-1 para São Raimundo Nonato-PI.

Com relação a renda líquida ou saldo do projeto apresentados nas tabelas 15 a 18, pode-se observar que os indicadores (renda bruta, custos operacionais e renda líquida) apontam para um investimento viável, considerando as condições edafoclimáticas dos dois municípios estudados no Tocantins, indicando que a prática da irrigação garante a sustentabilidade econômica do cultivo do feijão-caupi, desde que se faça um manejo correto da irrigação.

Nota-se ainda, que uma vez as culturas do feijão-caupi e do milho verde sendo culturas de ciclo curto com cerca de 4 meses de duração o que corresponde a 3 safras por anos de cultivo, foi possível mensurar o desembolso do projeto de investimento através da relação entre a renda bruta auferida por cada cultura e os respectivos custo de produção (Tabela 19).

Tabela 19. Renda líquida anual (lâmina/ha) para o feijão-caupi e o milho em sistema de cultivo consorciado submetido a diferentes lâminas de irrigação em Pedro Afonso – T (2016/2017)

Renda Líquida Anual R\$ / ha					
Trat	Feijão-caupi		Milho		Consórcio
	Monocultivo	Consórcio	Monocultivo	Consórcio	Milho+feijão
L0%	4782,50	2445,21	6633,99	2780,24	5225,45
L50%	10852,19	10859,67	11674,65	7704,09	18563,76
L75%	14056,30	12623,56	15430,89	4896,40	17519,96
L100%	26105,87	29612,78	11250,98	9295,77	38908,55
L125%	43562,29	47807,05	10081,05	8769,69	56576,74

6. Resumos e Conclusões

As culturas do milho verde e do feijão-caupi são predominantemente exploradas nas pequenas e médias propriedades rurais, com destaque para a Agricultura Familiar que é o seguimento do agronegócio que mais produz estas duas culturas agrícolas. Apesar dos esforços das instituições de pesquisa na produção de materiais genéticos de feijão-caupi, adaptados a diversas condições edafoclimáticas do país, sua produção ainda se concentra nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde desempenha importante papel socioeconômico, pois contribui diretamente para permanência do homem no campo e garante geração de trabalho e renda para essas populações.

Nas últimas décadas, o feijão-caupi tem avançado para outras regiões do país, como o Centro Oeste, que já conta com grandes produtores dessa cultura nos Estados de Goiás e Mato Grosso, e no Sudeste com pequenos produtores nas regiões do Médio e baixo Paraíba, onde é bastante consumido na forma de grãos verdes.

Com relação ao milho verde, trate-se de uma cultura bastante apreciada não somente nos pequenos municípios, como também nos grandes centros comerciais do país, como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília. Esta cultura propicia ao consumidor uma diversidade de pratos culinários além do consumo do tradicional milho verde cozido ou assado (preferido no Norte e Nordeste), também tem as opções de consumo como pamonhas, curau, bolos e inclusive sorvetes.

Esta cultura movimentada as economias locais ao longo de todo o ano quando o pequeno produtor dispõe de tecnologias de irrigação para produção do milho verde irrigado, do contrário, a produção fica concentrada nos períodos de chuva e principalmente na época da semana santa com a colheita do milho safrinha.

Os sistemas de cultivo exclusivo, seja do milho ou feijão-caupi, levam ligeira vantagem em relação aos cultivos em consórcios devido, sobretudo, a competição entre culturas em que este outro está envolvido.

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produção do feijão-caupi e do milho em cultivos exclusivo e consórcio nas condições edafoclimáticas dos municípios de Colinas do Tocantins – To e Pedro Afonso - TO.

Após todas as avaliações realizadas nas duas safras pode-se concluir que:

1. O incremento de irrigação contribui diretamente para os componentes que concorrem para produção como comprimento de espigas verdes, massas de espigas verdes para o milho e vagens por planta e grãos por vagens no feijão-caupi. Com isso, as maiores lâminas de irrigação foram aquelas que conferiram os melhores resultados de modo geral, com raras exceções em um ou outro componente de produção como altura de planta e peso de cem grãos no sistema exclusivo de feijão-caupi e diâmetro de espigas empalhadas nos dois sistemas de cultivo para o milho.

2. Todos os componentes de produção avaliados na pesquisa foram afetados pelas lâminas de irrigação, exceto o comprimento de vagem que não se diferenciou entre as lâminas no feijão-caupi e no caso do milho o diâmetro de espigas empalhadas e a produtividade, nos dois sistemas de cultivo, embora a produtividade de espigas comerciais tenham sido superiores aos encontrados por outros autores. Assim, o incremento de irrigação contribuiu para o aumento dos resultados dos componentes que concorrem direto para produtividade, como número de vagens por planta, peso de vagens e o número de grãos por vagem no feijão, e comprimento de espigas e massa de espigas no milho. Nestes observa-se que as maiores lâminas conferiram maiores rendimentos.

3. O incremento de irrigação contribuiu para a produtividade de grãos secos de feijão-caupi, e entre as lâminas testadas a L125% conferiu o melhor desempenho, o que justifica a adoção das tecnologias de irrigação, sobretudo, nos períodos secos.

4. Em relação as rendas brutas e líquidas auferidas na pesquisa, conclui-se que, o uso da irrigação contribui significativamente para o aumento da produção e conseqüentemente no incremento dessas rendas. As maiores rentabilidades foram obtidas com a aplicação das maiores lâminas de irrigação L100% e L125%. Lembrando-se que por estas culturas terem ciclo de duração em média de 4 meses o que garante até 3 safras ao ano, e os gastos com investimentos em equipamentos de irrigação serem normalmente diluídos em até 10 anos ou 30 safras, todo o investimento realizado em

tecnologias de irrigação são perfeitamente pagos ao longo dos ciclos iniciais dessas culturas.

5. As diferentes lâminas de irrigação aplicadas impuseram uma EUA a medida em que se aumentou a oferta de água, nos dois experimentos de pesquisa. A L125% mostrou-se mais eficiente no experimento 1 e no experimento 2 as L100% e L125% foram mais eficientes.

6. Pode-se ainda afirmar, que embora o uso da irrigação onere ainda mais os custos de produção das culturas agrícolas, este custo tem retorno garantindo aos de renda bruta e renda líquida auferidas no projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, C. J.B; Von Pinho, R. G. & Silva, R. (2008): Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, Apr./June. 2008. Disponível em:
<<http://www.biosciencejournal.ufu.br/include/getdoc HTM>> Acesso em 20. Dezembro de 2017
- Albuquerque, J. A. A.; Sedyama, T.; Alves, J. M. A.; Silva, A. A.; Uchoa, S. C. P.: Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. Revista Ciência Agronômica, v.43, p.532-538, 2012.
- 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 agroeconômica 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.
- Andrade Júnior, A. S.; Rodrigues, B. H. N.; Frizzone, J. A.; Cardoso, M. J.; Bastos, E. A.; Melo, F. B. (2002): Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, p.17-20, 2002.

- Azevedo, B. M.; Fernandes, C. N. V.; Pinheiro, J. A.; Braga, E. S.; Campêlo, A. R.; Viana, T. V. DE A.; Camboim Neto, L. DE F.; Marinho, A. B. (2011): Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão vigna de cor preta . Agropecuária Técnica – v. 32, n. 1. ISSN 0100-7467 – Areia, PB – CCA-UFPB.
- 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
- Bastos, E. A.; Nascimento, S. P.; Silva, E. M. da; Freire Filho, F. R.; Gomide, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. Revista Ciência Agronômica, v.42, p.100-107, 2011.
- Bezerra, F. M. L.; Araripe, M. A. E.; Teófilo E. M.; Cordeiro, L. G; Santos, J.J.A. dos. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. Revista Ciência Agronômica, v.34, p.13-18, 2003.
- Blanco, F. F.; Cardoso, M. J.; Freire Filho, F. R.; Veloso, M. E. da C.; Nogueira, C. C. P.; Dias, N. da S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.524-530, 2011.
- Benvindo, R. N.; Silva, J. A. L.; Freire Filho, F. R.; Almeida, A. L. G.; Oliveira, J. T. S.; Bezerra, A. A. C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. Comunicata Scientiae, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2010.
- Bergamaschi, H.; Dalmago, G.A.; Bergonci, J.I.; Bianchi, C.A.M.; Müller, A.G.; Comiran, F.; Heckler, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.831-839, 2004.

Bezerra, F. M. L.; Araripe, M. A. E.; Teófilo E. M.; Cordeiro, L. G; Santos, J.J.A. dos. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. Revista Ciência Agronômica, v.34, p.13-18, 2003.

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 PesquisadeCaupi, 4, 1996, Teresina. Resumos... Teresina: Embrapa-CPAMN, 1996. p. 123.

Castro Júnior, W. L.; Oliveira, R. A.; Silveira, S. F. R.; Andrade Júnior, A. S. (2015): Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na Região dos Cocais-MA. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.3, p.406-418, maio/jun.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento – (2018).Acompanhamento da safra brasileira de grãos.V. 5 - SAFRA 2017/18- N. 4 - Quarto levantamento JANEIRO 2018.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento – (2018). Acompanhamento da safra brasileira de grãos.V. 5 - SAFRA 2017/18- N. 4 - Quarto levantamento JANEIRO 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim do quarto levantamento de grãos SAFRA 2017/2018 para o Estado do Tocantins. 2017.Acessoem05/01/2018:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_12_11_18_38_boletim_4o_levantamento_da_safra_de_graos_2017-2018_-_Tocantins-dezembro - 2017.

- Cruz, J. C.; Magalhães, P. C; Pereira Filho, I. A.; Moreira, J. A. A.. (Org.). Milho. O produtor pergunta a Embrapa responde. Milho. O produtor pergunta a Embrapa responde. 1ed. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, v. , p. 19-26.
- Cruz, J. C.; Konzen, E.A.; Filho, I. A. P.; Marriel, I.E.; Cruz, E.; Duarte, J.O.; Oliveira, M.F.; Alvarenga, R.C. Produção de milho orgânico na agricultura Familiar. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 17p. (Embrapa-CNPMS, Comunicado Técnico, 81), 2006.
- Dantas Junior, E. E.; Chaves, L. H. G.; Fernandes, J. D.:Lâminas de irrigação localizada e adubação potássica na produção de milho verde, em condições semiáridas. Revista Espacios. v. 37 n. 27. p.26. 2016.
- DETAR, W.R. Cropcoefficientsandwater use for cowpea in the San Joaquin Valley ofCalifornia. AgriculturalWater Management, v.96, p.53-66, 2009.
- EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA. 2015. Fronteira Agrícola Informativo Técnico: Núcleo de Sistemas Agrícolas da Embrapa Pesca e Aquicultura. Nº 9, setembro de 2015.
<https://www.embrapa.br/documents/1355321/2434612/9%C2%AA%20edi%C3%A7%C3%A3o/2ede7627-dc67-49a2-99be-7e45d7f403db>. Acesso em: 20 nov. de 2017.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Home Page. Socioeconomia para arroz e feijão. 2012. Disponível em: Acesso em: 12 set. 2014.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p .: il. Color.; 16 cm x 22 cm.
- Ferreira, V. M.; Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q.; Andrade Júnior, A. S.; Moraes, E. L. C. (2010): Revista Brasileira de Ciências Agrárias ISSN (online): 1981-0997; (impresso): 1981-1160 v.5, n.2, p.177-186, abr.-jun. Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

- 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.
- Figueiredo, M.G.; Frizzone, J.A.; Pitelli, M.M.; Rezende, R. (2008) Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.30, p.81-87.
- Freire Filho, F. R.; Rocha, M. de M.; Ribeiro, V. Q.; Ramos, S. R. R.; Machado, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 38, n. 3, p.286-290, jul./set. 2007.
- Freire Filho, F.R., Ribeiro, V.Q., Barreto, P.D., Santos, A.A (2005) Melhoramento Genético. In: Freire Filho, F.R., Lima, J.A.A., Ribeiro, V.Q. *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. 1 ed. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 29-92p.
- Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (2005): *Feijão-caupi: Avanços Tecnológicos – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica*. 519 p.:II.
- Gomes, E. P.; Biscaro, G. A.; Ávila, M. R.; Loosli, F. S.; Vieira, C. V.; Barbosa, A. P. Desempenho agrônômico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região noroeste do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p.889-910, 2012.
- Gonçalves, I. S.; Silva, R. R.; Oliveira, G. M.; Santiago, E. J. P.; Oliveira, V. E. A. (2017): Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupisob diferentes lâminas de irrigação. *Journal of Environmental Analysis and Progress Journal* homepage: www.jeap.ufrpe.br/ <http://dx.doi.org/10.24221/1456.320-329>.
- GAO, Y.; DUAN, A.; SUN, J.; LI, F.; LIU, Z.; LIU, H.; LIU, Z. Cropcoefficientandwater-use efficiencyofwinterwheat/springmaizestrip. *Intercropping. Field CropsResearch*, v.111, p.65-73, 2009.

- Lacerda, C.F.; Neves, A.L.R.; Guimarães, F.V.V.; Silva, F.L.B.; Prisco, J. T.; Gheyi, H.R. (2009): Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.221-230.
- Lima, C. J. G. S.; Oliveira, F. A.; Medeiros J. F.; Oliveira M. K. T.; Almeida Júnior, A. B.; Resposta do Feijão Caupi a Salinidade da Água de Irrigação. *Revista VerdedeAgroecologiae Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró, RN. v.2, n.2, p. 79–86 Julho/Dezembro de 2007.
- LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomasspartitioning, specificleafarea, andwater use efficiencyofvegetableamaranth (*Amaranthus* spp.) in response todrought stress. *ScientiaHorticulturae*, v.102, p.15-27, 2004.
- Locatelli, V. E. R.; Medeiros, R. D.; Smiderle, O. J.;Albuquerque, J. A. A.; Araújo, W. F.: Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupisob lâminas de irrigação no Cerrado roraimense. *Irriga, Botucatu, Edição especial, grandes culturas*, p. 28-39, 2016.
- Locatelli, V. E. R.; Medeiro, R. D. S.; Smiderle, O. J.; Albuquerque, J. A. A.; Araújo, W. F.; SOUZA, K. T. S. (2014): Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.18, n.6, p.574–580.
- Lopes, A. DA S.; Oliveira, G. Q. DE; Souto Filho, S. N.; Goes, R. J.; Camacho, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema de plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.51-56, 2011.
- Luna, N.R.S.; Andrade, E.M.; Crisóstomo, L. A.; Meireles, A. C. M.; Aquino, D. N. (2013); Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. *Revista Agro@mbiente Online, Boa Vista*, v.7, n.1, p.53-62.

- Manhães, C. M. C.; Francelino, F. M. A., Rodrigues Neto, L. (2016): Caracterização biológica dos solos do campus Colinas do Tocantins – TO. Jornada de iniciação científica e extensão do IFTO. ISSN: 2179-5649. VIII JICE.
- Miranda, E. E. de.; Magalhães, L. A.; Carvalho, C. A. de. 2014. Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf>. Acesso em: 15 fev 2016.
- Moraes, A. R. A.; Ramos Júnior, E. U.; Gallo, P. B.; Paterniani, M. E. A. G. Z.; Swasakl, E. Duarte, A. P.; BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. S. (2010); Desempenho de oito cultivares de milho verde na safrinha, no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.9, n.1, p. 79-91.
- Moura, E.G.; Teixeira, A.P.R.; Ribeiro, V.S.; Aguiar, A.C.F.; Farias, M. F. (2006); Crescimento e produtividade da cultura do milho (Zeamays) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. Irriga, Botucatu v.11, p.169-177.
- Mousinho, F. E. P.; Andrade Júnior, A. S.; Frizzone, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. Acta Scientiarum Agronomy, v. 30, p. 139-145, 2008.
- Mousinho, F.E.P. Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí. 2005. Tese (Doutorado)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MURTAZA, G.; GHAFOR. A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cottonwheat rotation. Agricultural Water Management, v.81, p.98-114, 2006.

- Oliveira, G. A.; Araujo, F. W; Cruz, P. L. S; SILVA, W. L. M.; Ferreira, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. Revista Ciência agrônômica. 2011, v. 42, n. 4, p. 872-882. ISSN 1806-6690. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2018.
- Oliveira, A. P. *et al.* Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. Horticultura Brasileira, v.20, n.2, p. 180-182, 2002.
- Paiva Júnior, M. C. de *et al.* 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, set./out. 2001. Paterniani, E. E.; Campos, M. S. Melhoramento de milho. In: Borém, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 491 – 552.
- Pavinato, P. S.; Ceretta, C. A. E.; Giroto, C. A. E.; Moreira, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.2, p.358-364, 2008.
- Pereira Filho, I. A. O Cultivo do Milho-Verde. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. DF, 2003. 204p.
- Puppala, N.; Fowler, J.L.; Jones, T.L.; Gutschick, V.; Murray, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. Industrial Crops and Products, v.21, p.33-47, 2005.
- Ramos, H. M. M., Bastos, E. A., Cardoso, M. J., Ribeiro, V. Q. and Nascimento, F. N. (2014). Produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. Engenharia Agrícola, 34, 683-694.

- Ramos, H. M. M.; Bastos, E. A.; Andrade Júnior, A. S.; Marouelli, W. A. (2012): Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.4, p.576-583.
- Ramos, H. M. M. (2011): Características produtivas, fisiológicas e econômicas do feijão-caupi para grãos verdes sob diferentes regimes hídricos. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- Ribeiro, E. A. S.: Produção de milho-verde por gotejamento em Teresina – PI. / 80 f.: il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
- Richetti, A.; Ito, M. A. (2015) Viabilidade Econômica da Cultura do Feijão-Comum, Safra da seca de 2016, em Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139275/1/COT2015208-CPAO.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2018.
- Richetti, A.; Melo, C.L.P. (2013) Viabilidade Econômica da Cultura do Feijão-Comum, Safra da seca de 2014, em Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94077/1/COT2013191.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2018.
- Rocha, M. de M. ; Carvalho, K. J. M.; Freire Filho, F. R.; Lopes, A. C. A.; Gomes, R. L. F.; Sousa, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 3, p.270 - 275, 2009.
- Rocha, D. R.; FornasierFilho,D.; Barbosa, J. C...Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. Hortic. bras., v. 29, n. 3, jul.- set. 2011.
- Rocha, M. de M.; Soares, M. da C.; Freire Filho, F. R.; Ramos, S. R. R.; Ribeiro, V. Q. Avaliação preliminar de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde. Revista Científica Rural, Bagé, v. 12, n. 1, p. 153-156, 2007.

- Santos, C. A. F.; Araújo, F. P.; Menezes, E. A. (2000): Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 11, p. 2229-2234.
- Schons, A.; Streck, N.A.; Storck, L.; Buriol, A.; Zanon, A.J.; Pinheiro, D.G.; Kraulich, B.; Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.1, p.155-167, 2009.
- Silva, G. C.; Magalhães, R. C.; Sobreira, A. C.; Schmitz, R.; Silva, L. C.:Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 4, p. 342-350, outubro-dezembro, 2016 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. www.agroambiente.ufrr.br.
- Silva, K. J. D. Estatística da Produção de feijão caupi. 2009. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=34241>. Acesso em: 16 jun. 2014.
- Silva, M.R.R.; Vanzela, L.S.; Vazquez, G.H.; Sanches, A.C. (2012); Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 170-180.
- Silva, C.A.; Abreu, A.F.B.; Ramalho, M.A.P. (2009): Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 12, p. 1647- 1652.
- Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Sedyama, G. C.; Silva, T. George F. (2011): Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupisob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721.

Vieira, M. A.; Cargo, M. K.; Daros, E.; ZagoneL, J.; Koehler, H. S. (2010); Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86.

Vieira, R. F.; Vieira, C.; Caldas, M. T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na Zona da mata de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1359-1365, jul. 2000.

APÊNDICE 1

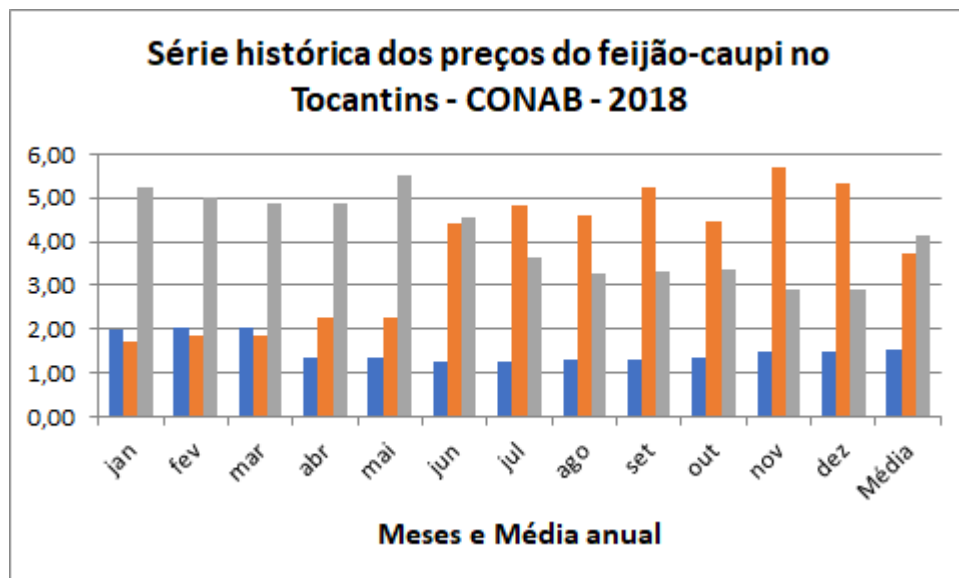


Figura 28. Feijão-caupi série histórica de preços pagos ao produtor no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017, no Estado do Tocantins.

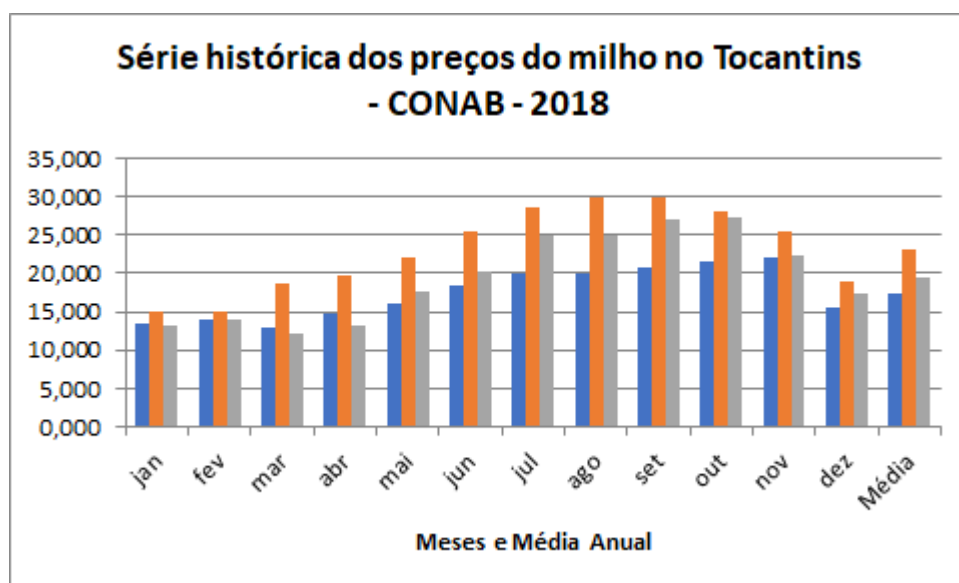


Figura 29. Espigas de Milho verde série histórica de preços pagos ao produtor no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017, no Estado do Tocantins.

APÊNDICE 2

Quadro 1A. Projeto de investimento para 1 ha de feijão-caupi irrigado no município de Colinas do Tocantins – TO. Ano 2016/2017.

Projeto de produção de 1 ha de feijão-caupi no município de Colinas do Tocantins - TO 2016/2017												
Cultura: FEIJÃO CAUPI			Produtividade: 1333,6 Kg/ha = 22,23 sc/ha									
Esp: 50 cm entre linhas e 50 cm entre plantas, 2 plantas por cova = 80.000 plantas/ha												
Sistema de Produção: Irrigado por irrigação localizada - gotejamento												
1. INSUMOS E EQUIPAMENTOS	1Ciclo				2 Ciclo				3 Ciclo			
	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Sementes	Kg	50	10,00	500,00	Kg	50	10,00	500,00	Kg	50	10,00	500,00
Calcário	t	0,6	500,00	300,00	t	0,0	500,00	0,00	t	0,0	500,00	0,00
Fertilizantes												
Nitrogênio - N (Uréia)	Kg	90	1,50	135,00	Kg	67,5	1,50	101,25	Kg	67,5	1,50	101,25
Fósforo - P2O5 (SS)	Kg	500	1,50	750,00	Kg	350	1,50	525,00	Kg	350	1,50	525,00
Potássio - K2O (KCl)	Kg	70	1,60	112,00	Kg	52,5	1,60	84,00	Kg	52,5	1,60	84,00
Micronutrientes												
Sulfato de zinco	Kg	0	3,12	0,00	Kg	0	3,12	0,00	Kg	0	3,12	0,00
Ácido bórico	Kg	0	3,79	0,00	Kg	0	3,79	0,00	Kg	0	3,79	0,00
Molibdato de sódio	Kg	0,00	122,95	0,00	Kg	0,00	122,95	0,00	Kg	0,00	122,95	0,00
Herbicida	L	1	43,00	43,00	L	1	43,00	43,00	L	1	43,00	43,00
Inseticida	L	1	55	55,00	L	1	55	55,00	L	1	55	55,00
Fungicida	Kg	1	37,00	37,00	Kg	1	37,00	37,00	Kg	1	37,00	37,00
Espalhante adesivo	L	1	8,50	8,50	L	1	8,50	8,50	L	1	8,50	8,50
Energia Elétrica	Kw/h	0	0,37	0,00	Kw/h	0	0,37	0,00	Kw/h	0	0,37	0,00
Embalagens	ud	1.200	0,08	96,00	ud	1.200	0,08	96,00	ud	1.200	0,08	96,00

sacaria												
Compon. Sist. de irrigação gotej.	ud	1	7500,00	62,50	ud	1	7500,00	62,50	ud	1	7500,00	62,50
Instalação Sist. Irrigação	ud	1	800,00	800,00	ud	0	800,00	0,00	ud	0	800,00	0,00
Depreciação do conjunto de irrigação ¹	ud	4	54,17	216,67	ud	4	54,17	216,67	ud	4	54,17	216,67
SUB TOTAL INS. E EQUIP.	R\$		3.115,67	R\$		1.728,92	R\$				1.728,92	

Continuação...

2 - SERVIÇOS	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Aração	h/M	2	120,00	240,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Gradagem	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Transporte interno de insumos e outros	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Transporte interno de insumos e outros	h/M	1	50,00	50,00	h/M	1	50,00	50,00	h/M	1	50,00	50,00
Plantio	h/M	2	120,00	240,00	h/M	2	120,00	240,00	h/M	2	120,00	240,00
Adubação de cobertura	d/H	0	50,00	0,00	d/H	0	50,00	0,00	d/H	0	50,00	0,00
Tratamento fitossanitário	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00
Manejo de irrigação	d/H	5	50,00	250,00	d/H	5	50,00	250,00	d/H	5	50,00	250,00
Colheita	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00
Transporte interno da colheita	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Transporte interno da colheita	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Trilhagem	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Trilhagem	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Embalagem	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Outorga	ud	0	0,00	0,00	ud	0	0,00	0,00	ud	0	0,00	0,00

d'água²

SUB TOTAL						
SERVIÇOS	R\$	1.180,00	R\$	940,00	R\$	940,00
TOTAL						
SEM						
IRRIGAÇÃO	R\$	2.966,50	R\$	2.139,75	R\$	2.139,75
TOTAL						
IRRIGAÇÃO						
DILUIDA		4.239,42		2.612,67		2.612,67
TOTAL						
COM						
IRRIGAÇÃO	R\$	4.295,67	R\$	2.668,92	R\$	2.668,92

OBSERVAÇÃO:

¹ Foi considerado o sistema de irrigação localizada por gotejamento com valor inicial de R\$ 7.500,00 valor final de R\$ 1.000,00 e vida útil de 10 anos.

² Não foram considerados os custos referentes a outorga d'água porque a área outorgável é muito variável em função do projeto de demanda d'água, como também o prazo para renovação da outorga (seis anos) é superior ao ciclo da cultura. Normalmente o custo médio por projeto é de R\$ 1.000,00

Quadro 2A. Projeto de investimento para 1 ha de feijão-caupiconsorciado com o milho irrigado no município de Pedro Afonso – TO. Ano 2016/2017

**Projeto de produção de 1 ha de feijão-caupi em consórcio com milho no município de Pedro Afonso - TO
2016/2017**

Cultura: FEIJÃO

CAUPI E MILHO Produtividade: 1333,6 Kg/ha = 22,23 sc/ha

Esp. feijão: 50 cm x 50 cm e 2 plantas por cova = 80.000 plantas/ha

Esp. milho: 50 cm x 50 cm eplanta por cova = 40.000 plantas/ha

Sistema de Produção: Irrigado por irrigação localizada – gotejamento

1. INSUMOS E EQUIPAMENTOS	1 Ciclo				2 Ciclo				3 Ciclo			
	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Sementes Feijão	Kg	50	10,00	500,00	Kg	50	10,00	500,00	Kg	50	10,00	500,00
Sementes Milho	Kg	50	8,00	400,00	Kg	50	8,00	400,00	Kg	50	8,00	400,00
Calcário	t	0,6	500,00	300,00	t	0,0	500,00	0,00	t	0,0	500,00	0,00
Fertilizantes												
Nitrogênio - N (Uréia)	Kg	90	1,50	135,00	Kg	67,5	1,50	101,25	Kg	67,5	1,50	101,25
Fósforo - P2O5 (SS)	Kg	500	1,50	750,00	Kg	350	1,50	525,00	Kg	350	1,50	525,00
Potássio - K2O (KCl)	Kg	70	1,60	112,00	Kg	52,5	1,60	84,00	Kg	52,5	1,60	84,00
Micronutrientes												
Sulfato de zinco	Kg	0	3,12	0,00	Kg	0	3,12	0,00	Kg	0	3,12	0,00
Ácido bórico	Kg	0	3,79	0,00	Kg	0	3,79	0,00	Kg	0	3,79	0,00
Molibdato de sódio	Kg	0,00	122,95	0,00	Kg	0,00	122,95	0,00	Kg	0,00	122,95	0,00
Herbicida	L	1	43,00	43,00	L	1	43,00	43,00	L	1	43,00	43,00
Inseticida	L	1	55	55,00	L	1	55	55,00	L	1	55	55,00
Fungicida	Kg	1	37,00	37,00	Kg	1	37,00	37,00	Kg	1	37,00	37,00
Espalhante	L	1	8,50	8,50	L	1	8,50	8,50	L	1	8,50	8,50

adesivo												
Energia Elétrica	Kw/h	0	0,37	0,00	Kw/h	0	0,37	0,00	Kw/h	0	0,37	0,00
Embalagens - sacaria	ud	1.200	0,08	96,00	ud	1.200	0,08	96,00	ud	1.200	0,08	96,00
Compon. Sist. de irrigação gotej.	ud	1	7500,00	62,50	ud	1	7500,00	62,50	ud	1	7500,00	62,50
Instalação Sist. Irrigação	ud	1	800,00	800,00	ud	1	800,00	0,00	ud	0	800,00	0,00
Depreciação do conjunto de irrigação ¹	ud	4	54,17	216,67	ud	4	54,17	216,67	ud	4	54,17	216,67
SUB TOTAL INS. E EQUIP.	R\$			3.515,67	R\$			2.128,92	R\$			2.128,92

Continuação...

2 - SERVIÇOS	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Aração	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Gradagem	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Transporte interno de insumos e outros	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Transporte interno de insumos e outros	h/M	1	50,00	50,00	h/M	1	50,00	50,00	h/M	1	50,00	50,00
Plantio	h/M	2	120,00	240,00	h/M	2	120,00	240,00	h/M	2	120,00	240,00
Adubação de cobertura	d/H	0	50,00	0,00	d/H	0	50,00	0,00	d/H	0	50,00	0,00
Tratamento fitossanitário	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00
Manejo de irrigação	d/H	5	50,00	250,00	d/H	5	50,00	250,00	d/H	5	50,00	250,00
Colheita	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00	d/H	2	50,00	100,00
Transporte interno da colheita	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Transporte interno da colheita	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Trilhagem	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Trilhagem	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00	h/M	0	120,00	0,00
Embalagem	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00	d/H	1	50,00	50,00
Outorga d'água ²	ud	0	0,00	0,00	ud	0	0,00	0,00	ud	0	0,00	0,00
SUB												
TOTALSERVIÇOS	R\$			940,00	R\$			940,00	R\$			940,00
TOTAL SEM IRRIGAÇÃO	R\$			3.126,50	R\$			2.539,75	R\$			2.539,75
TOTAL IRRIGAÇÃO				4.399,42				3.012,67				3.012,67

DILUIDA						
TOTAL COM						
IRRIGAÇÃO	R\$	4.455,67	R\$	3.068,92	R\$	3.068,92

OBSERVAÇÃO:

¹ Foi considerado o sistema de irrigação localizada por gotejamento com valor inicial de R\$ 7.500,00 valor final de R\$ 1.000,00 e vida útil de 10 anos.

² Não foram considerados os custos referentes a outorga d'água porque a área outorgável é muito variável em função do projeto de demanda d'água, como também o prazo para renovação da outorga (seis anos) é superior ao ciclo da cultura. Normalmente o custo médio por projeto é de R\$ 1.000,00

APÉNDICE 3

Fotos: Área Experimental Colinas do Tocantins – TO



Fotos: Área Experimental Pedro Afonso



Fotos: Tratos Culturais



Fotos: Colheita

