

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIENCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Gonçalves Albino Daula

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO
DO FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO
SUL, BRASIL**

Santa Maria, RS
2016

Gonçalves Albino Dauala

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO
DO FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO
SUL, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Alexandre Swarowsky

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

Dauala, Gonçalves Albino
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO
FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL,
BRASIL / Gonçalves Albino Dauala.-2016.
89 p.; 30cm

Orientador: Alexandre Swarowsky
Coorientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2016

1. Vigna unguiculata 2. Manejo da irrigação 3.
Componentes da produção I. Swarowsky, Alexandre II.
Guedes, Jerson Vanderlei Carús III. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Gonçalves Albino Dauala. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: goncalvesdauala07@gmail.com

Gonçalves Albino Dauala

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO
DO FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO
SUL, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Aprovado em 15 de janeiro de 2016:

Alexandre Swarowsky, PhD.
(Presidente/Orientador)

Mirta Teresinha Petry, Dr. (UFSM)

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UNIFRA)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

À memória do meu pai Albino Fumo Dauala

AGRADECIMENTOS

A **DEUS** pela vida!

À Universidade Federal de Santa Maria, especificamente a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela carta de aceite;

A secretária Luciana pela atenção e seu profissionalismo;

Ao CNPq e Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique pela bolsa de estudos concedida;

À direção da Universidade Zambeze pela autorização em continuidade de estudos;

A Embrapa Meio-Norte especificamente ao pesquisador Edson Alves Bastos pela cedência das sementes da cultivar BRS Novaera e BRS Potengi do feijão-caupi;

A professora Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela ajuda na aquisição de semente e esclarecimento em relação a cultura do feijão-caupi;

Ao Colégio Politécnico da UFSM, especificamente ao professor Cicero Urbanetto Nogueira pela disponibilidade da área experimental para realização do trabalho;

Ao Richard Alberto Rodríguez Padrón, Roxanna Rosales Cerquera, professora Helena Maria Camilo de Moraes Nogueira, professor Cicero Urbanetto Nogueira, seus bolsitas e equipe do Colégio Politécnico da UFSM pela ajuda durante o experimento;

Ao Sistema Irriga da UFSM pela disponibilidade de material para coleta de amostra de solo, realização das análises Físicas do solo e estufa para determinação da fitomassa;

A professora Mirta Petry pela contribuição científica durante a condução do experimento, redação do trabalho e ter me facultado acesso à bibliografia diversa com a qual tive conhecimento sobre o manejo da irrigação;

Ao Richard Alberto Rodríguez Padrón e Janine Farias Menegaes pela contribuição científica durante a redação do trabalho;

Aos professores do PPGEA pelos ensinamentos;

Ao meu orientador, Alexandre Swarowsky pelo apoio científico, atenção, disponibilidade, paciência, confiança, amizade e oportunidade;

Ao professor Jerson Vanderlei Carús Guedes pelo apoio científico, confiança durante realização do trabalho;

Aos membros da Comissão Examinadora;

Ao Luis Henrique Loose pelo acolhimento, apoio material e moral;

Ao PET-Agronomia pelo mini-curso em análise estatística através do SISVAR;

Aos colegas orientados do professor Alexandre Swarowsky pelo apoio científico;

Aos colegas e amigo/as do Sistema Irriga, Laboratório de Hidráulica, Laboratório de grupo de pesquisa em Agrometeorologia, grupo de pesquisa de Agricultura de precisão, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFSM pelo apoio científico durante as aulas e desenvolvimento do trabalho;

À família Dauala em especial a minha mãe: Laurina Mullenje Mavelengue pelo amor incondicional e dedicação em todos os momentos da minha vida. Aos meus irmãos: Alberto Fumo Dauala e Afonso Mambasse Dauala. Aos meus tios: Augusto Dimão e Alberto Manja pelo apoio prestado desde a infância até então, a todos primo/as, sobrinho/as pela ajuda moral;

Agradecimentos especiais vão para Júlia Deolinda minha namorada, amiga, companheira, pelo apoio moral e muito mais;

Em fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e estiveram firmes em seus propósitos de fornecer sua contribuição!

Meus eternos agradecimentos

*“Depois de escalar uma montanha muito
alta, descobrimos que há muitas outras
montanhas por escalar”*

“Sempre parece impossível até que seja feito”

(Nelson Mandela)

RESUMO

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

AUTOR: Gonçalves Albino Dauala
ORIENTADOR: Alexandre Swarowsky

O rendimento do feijão-caupi no Brasil ainda é baixa devido ao fornecimento inadequado de água por irrigação e chuva durante a fase vegetativa e reprodutiva. Uma das alternativas para melhorar o rendimento é realização de estudos regionais com diferentes cultivares e manejo adequado da irrigação. Por isso conduziu-se o experimento em campo no período de dezembro de 2014 a março de 2015 na área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, para avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação suplementar por gotejamento sobre os parâmetros de crescimento, produção de grãos e seus componentes, em duas cultivares do feijão-caupi nas condições edafoclimáticas de Santa Maria, RS. Os tratamentos consistiram na combinação de cinco lâminas de irrigação (0, 25, 50, 75 e 100 % da evapotranspiração da cultura) e duas cultivares (BRS Potengi e BRS Novaera) do feijão-caupi dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições, onde as lâminas de irrigação foram distribuídas nas parcelas principais e as cultivares nas subparcelas. Aplicação dos tratamentos teve início aos 31 dias após a semeadura (DAS). Avaliou-se altura de planta, índice da área foliar e massa seca da parte aérea (MSPA) aos 38, 45 e 52 DAS. Avaliou-se também os componentes de produção referente: número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grão por vagem, peso de 100 de grãos e rendimento de grão. Para as condições de estudo não houve interação significativa entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas. As lâminas de irrigação influenciaram apenas a MSPA aos 45 DAS em ambas cultivares. As cultivares apresentaram diferenças significativas entre si em todos componentes de produção, rendimento de grão, MSPA para os dias avaliados e índice da área foliar somente aos 45 e 52 DAS. Nesse estudo, não foi possível determinar a lâmina de irrigação que permita obtenção do máximo rendimento de grão em cada cultivar devido a ocorrência de precipitação durante o experimento, que foi acima da normal climatológica do local da realização do experimento. Assim, sendo não é recomendada a irrigação suplementar. Porém, recomenda-se estudar a influência da irrigação em anos em que as chuvas são geralmente abaixo da normal climatológica. A cultivar BRS Novaera teve maior rendimento de grão (1559 kg ha⁻¹) em relação BRS Potengi (1505 kg ha⁻¹).

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Manejo da irrigação. Componentes da produção.

ABSTRACT

IRRIGATION LEVEL IN DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF COWPEA IN CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

AUTHOR: Gonçalves Albino Dauala

ADVISOR: Alexandre Swarowsky

The yield of cowpea in Brazil is still low due to inadequate supply of water by rain and irrigation during the vegetative and reproductive stages. One of the alternatives to improve yield is conducting regional studies with different cultivars and adequate irrigation management. Because that, was conducted the field experiment from december of 2014 to march of 2015 in the experimental area of the Polytechnic School of the Federal University of Santa Maria, in dystrophic red argissolo, with a loam texture to evaluate the effect of the application of supplemental irrigation levels by drip on growth parameter, dry grain yield and its components in cowpea cultivars at conditions of Santa Maria, RS. The treatments consisted of the combination of five irrigation levels (0, 25, 50, 75 and 100% of crop evapotranspiration) and two cultivars of cowpea (BRS Potengi and BRS Novaera) arranged in a randomized blocks design experimental spli-plots and four replications, where irrigation levels were distributed in the main-plots and cultivars in the sub-plots. Application of the treatments stared at 31 days after seeding (DAS). Evaluated the plant height, leaf area index, and dry mass of the aerial part (MSPA) after 38, 45 and 52 DAS. Also evaluated the production components: number of pods per plant, pod compliance, number of grain per pod, weight of hundred (100) grains and grain yield. To study conditions there was no significant interaction between treatments for any of the variables. The Irrigation levels influenced only in the MSPA to 45 DAS in both cultivars. The cultivars showed significant differences between them in all production components, grain yield, MSPA for the evaluated days and leaf area index only 45 and 52 DAS. For the study conditions, was not possible to determine the irrigation levels that allow achieving maximum grain yield for each cultivar due to the occurrence of rainfall during the experiment, was above the climatological normal from the site of the experiment. So, being the supplementary irrigation is not recommended. However, it is recommended to study the influence of irrigation in years when rainfall is below the climatological normal. The BRS Novaera had higher grain yield (1559 kg ha⁻¹) compared BRS Potengi (1505 kg ha⁻¹).

Keywords: *Vigna unguiculata*. Irrigation management. Production of components.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da área cultivada, produção e rendimento do feijão-caupi no mundo.	22
Tabela 2 - Principais características das cultivares do feijão-caupi BRS Potengi e BRS Novaera utilizados no experimento.	36
Tabela 3 - Duração das fases de desenvolvimento do feijão-caupi e respectivos valores de K_c	37
Tabela 4 - Caracterização físico-hídrico do solo da área experimental. Santa Maria, RS, 2015.	44
Tabela 5 - Caracterização química do solo da área experimental. Santa Maria, RS, 2015	45
Tabela 6 - Duração das fases fenológicas das cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015.	47
Tabela 7 - Valores totais da evapotranspiração da cultura acumulada, lâmina de irrigação aplicada (LIA), precipitação efetiva acumulada (Pe), lâmina de irrigação aplicada + precipitação efetiva acumulada (LIAPe) e número de irrigações efetuados (Nir) em cada tratamento. Santa Maria, RS, 2015.....	53
Tabela 8 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente aos parâmetros de crescimento: altura de planta, índice da área foliar, massa seca da parte aérea aos 38, 45 e 52 DAS em função do fator lâmina de irrigação, cultivar e sua interação. Santa Maria, RS, 2015.	55
Tabela 9 - Valores médios referentes aos parâmetros de crescimento das cultivares do feijão-caupi: altura da planta (cm), índice da área foliar ($cm^2 cm^2$), massa seca da parte aérea (g) aos 38, 45 e 52 DAS em função do fator lâmina de irrigação. Santa Maria, RS, 2015.....	57
Tabela 10 - Valores médios referente aos parâmetros de crescimento em função do fator cultivar. Santa Maria, RS, 2015.....	58
Tabela 11 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente aos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G) e rendimento de grão (RG) em função do fator lâmina de irrigação, cultivar e sua interação. Santa Maria, RS, 2015	61
Tabela 12 - Valores médios referentes aos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100	

grãos (P100G) e rendimento de grão (RG) em função do fator cultivar. Santa Maria, RS, 2015	62
Tabela 13 - Produtividade da água (WP) em função o total de água utilizado, considerando os valores de irrigação e precipitação efetiva (Pe) em cada tratamento. Santa Maria, RS, 2015	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área onde foi instalado o experimento e crescimento das cultivares do feijão-caupi.	33
Figura 2 - Leitura dos valores de constante dielétrica pelo TDR 300. Santa Maria, RS, 2015.	40
Figura 3 - A: Folíolo central da cultivar BRS Novaera, B: Folíolo central da cultivar BRS Potengi. Santa Maria, 2015.	41
Figura 4 - Infiltração acumulada (A) e velocidade de infiltração de água no solo (B) da área experimental em função ao tempo. Santa Maria, RS, 2015.	46
Figura 5 - Fases fenológicas das cultivares. A: desenvolvimento vegetativo; B e C: floração e frutificação; D: maturação. Santa Maria, RS, 2015.....	47
Figura 6 - Dados meteorológicos diários durante o período de condução do experimento. A: temperatura máxima, mínima do ar e umidade relativa média do ar; B: radiação solar e insolação. Santa Maria, RS, 2015.....	49
Figura 7 - Valores diários de evapotranspiração de referência (ET _o) durante o período de condução do experimento. Santa Maria, RS, 2015.....	50
Figura 8 - Precipitação e evapotranspiração da cultura acumulada em cada fase fenológica das cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015	51
Figura 9 - Lâmina de água aplicada no dia em que foi efetuada a irrigação para os tratamentos de 100, 75, 50 e 25% da ET _c . Santa Maria, RS, 2015.	52
Figura 10 - Variação da lâmina de água armazenada no solo (mm) na profundidade 0-20 cm no dia em que foi efetuada a irrigação para os tratamentos. Santa Maria, RS, 2015.	54
Figura 11 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função do fator lâmina de irrigação para as duas cultivares do feijão-caupi aos 45 DAS. Santa Maria, RS, 2015.....	60
Figura 12 - Componentes de produção: número de vagens por planta-NVP (A), comprimento de vagem-CV (B), número de grãos por vagem-NGV (C), peso de 100 grãos-P100G (D) e rendimento de grão-(E) em função do fator lâmina de irrigação para as duas cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015.....	63

LISTA DE SIGLAS

IITA	Instituto Internacional de Agricultura Tropical
INE.....	Instituto Nacional de Estadística
CGIAR.....	Grupo Consultivo Internacional de Pesquisa em Agricultura

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Croqui da área experimental.....	85
APÊNDICE B - Análise de variância da variável altura de planta aos aos 38 DAS.....	85
APÊNDICE C - Análise de variância da variável altura de planta aos aos 45 DAS	86
APÊNDICE D - Análise de variância da variável altura de planta aos aos 52 DAS	86
APÊNDICE E - Análise de variância da variável índice da área foliar aos 38 DAS.....	86
APÊNDICE F - Análise de variância da variável índice da área foliar aos 45 DAS	86
APÊNDICE G - Análise de variância da variável índice da área foliar aos 52 DAS	87
APÊNDICE H - Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 38 DAS	87
APÊNDICE I - Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 45 DAS.....	87
APÊNDICE J - Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 52 DAS	87
APÊNDICE K - Análise de variância da variável número de vagens por planta	88
APÊNDICE L - Análise de variância da variável comprimento de vagem	88
APÊNDICE M - Análise de variância da variável número de grão por vagem.....	88
APÊNDICE N - Análise de variância da variável peso de 100 grãos	88
APÊNDICE O - Análise de variância da variável produtividade de grãos seco.....	89
APÊNDICE P - Tabela suplementar da análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 45 DAS para o fator lâmina de irrigação	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	20
2.2 PRODUÇÃO MUNDIAL	22
2.3 IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E NUTRICIONAL	23
2.4 NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA	24
2.5 EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA	25
2.6 IRRIGAÇÃO	27
2.6.1 Manejo de irrigação	27
2.6.2 Método e sistema de irrigação	28
2.7 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO- FENOMETRIA.....	30
2.8 COMPONENTES DE PRODUÇÃO	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 LOCAL DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	33
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA E QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL	33
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS	34
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	35
3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES, SEMEADURA E ADUBAÇÃO.....	35
3.6 MANEJO E MÉTODO DE IRRIGAÇÃO	36
3.6.1 Manejo da irrigação	36
3.6.2 Método de irrigação	39
3.7 MONITORAMENTO DO CONTEÚDO DE ÁGUA.....	39
3.8 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO AVALIADOS	40
3.8.1 Altura de planta	40
3.8.2 Área foliar do trifólio e índice de área foliar	41
3.8.3 Massa seca da parte aérea	42
3.9 COMPONENTES DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO DE GRÃO.....	42
3.10 PRODUTIVIDADE DA ÁGUA- WP.....	43
3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO.....	44
4.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS CULTIVARES	46
4.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	48
4.3.1 Temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar	48
4.3.2 Evapotranspiração de referência (ET_o)	49
4.3.3 Precipitação e evapotranspiração da cultura.....	50
4.4 MANEJO DE IRRIGAÇÃO	52
4.5 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO.....	54
4.5.1 Altura de planta	58
4.5.2 Índice da área foliar	58
4.5.3 Massa seca da parte aérea	59
4.6 COMPONENTE DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO DO GRÃO	60
4.6.1 Número de vagens por planta.....	64
4.6.2 Comprimento de vagem	65
4.6.3 Número de grãos por vagem.....	65
4.6.4 Peso de 100 grãos	66
4.6.5 Rendimento de grão	67
4.7 PRODUTIVIDADE DA ÁGUA	69
4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
5 CONCLUSÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
APÊNDICES	85

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.Walp) é uma das leguminosas mais consumidas no mundo, com ampla distribuição contemplando as regiões tropicais e subtropicais na América do Sul, América Central, Oceânica, África, Ásia, sudeste da Europa e dos Estados Unidos da América (QUIN, 1997; SINGH et al., 2002). Conhecido popularmente no Brasil como feijão-de-corda na região Nordeste, feijão-da-colônia na região Norte e feijão-miúdo na região Sul (FREIRE FILHO et al., 2005).

Estima-se que cerca de 12,5 milhões de hectares são ocupadas com feijão-caupi em todo mundo, sendo 8 milhões (cerca de 64% da área mundial) na parte central e ocidental do continente Africano. A outra parte da área está localizada na América do Sul, América Central, Ásia, Oceânia, sudoeste da Europa e dos Estados Unidos (QUIN, 1997). Mundialmente, a Nigéria é considerada maior produtora da cultura, com aproximadamente 5 milhões de hectares e um rendimento médio de grão seco de 417 kg ha⁻¹, seguida do Níger com cerca de 3,8 milhões de hectares, rendimento médio de 171 kg ha⁻¹ e o Brasil com 1,5 milhão de hectares (SINGH et al., 2002) e rendimento médio de 365,5 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2015).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial da cultura e a sua produção se concentra nas regiões Nordeste e Norte com cerca de 1,2 milhão e 55, 8 mil hectares respectivamente, onde é usado principalmente na alimentação humana (SILVA, 2015). Nessas regiões a cultura é amplamente produzida pelos pequenos agricultores geralmente em regime de sequeiro verificando-se ultimamente uma expansão de área em cultivos comerciais sob condição de irrigação contribuindo assim com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total no país (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2015).

No Rio Grande do Sul a produção do feijão-caupi concentra-se nos municípios de São José do Norte, Tavares, Mostardas e Rio Grande (BEVILAQUA et al., 2007; SALLIS, et al. 2001; TOMM et al., 2005). O seu cultivo no litoral sul do Estado é voltado à produção de sementes (AUMONDE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014), forragem e cobertura do solo (BEVILAQUA;ANTUNES, 2009). Atualmente grande parte da produção da semente da cultura no Estado concentra-se no município de São José do Norte, onde a sua comercialização tem propiciado um aumento significativo da renda dos agricultores familiares, tornando-se a segunda fonte de renda das famílias depois da cultura de cebola (BEVILAQUA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2014). O desenvolvimento da cultura no

município deve-se à parceria envolvida entre a Cooperativa de Agricultores Familiares, Prefeitura Municipal, EMATER, Universidade Federal de Pelotas e Embrapa Clima Temperado (BEVILAQUA et al., 2007).

Apesar da importância da cultura no país, ainda apresenta relativamente baixo rendimento médio de grão seco ($365,5 \text{ kg ha}^{-1}$). A principal causa deste baixo rendimento está relacionada ao fornecimento inadequado de água por irrigação e chuva, durante a fase reprodutiva (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002b; CARDOSO et al., 1999). Oliveiras et al. (2011) salientam que, uma das alternativas para melhorar o rendimento manejo adequado da irrigação, visto que a cultura é produzida em período de maior demanda evaporativa. Neste contexto é imprescindível a utilização de irrigação suplementar. Para isso deve-se levar em consideração a lâmina de irrigação adequada para o suprimento hídrico. Segundo Andrade Júnior et al. (2002b), os resultados obtidos na literatura são bastante distintos e não conclusivos, quanto à definição da melhor lâmina de irrigação para a cultura, pois o rendimento de grão e seus componentes variam em função das cultivares utilizadas e condições edafoclimáticas do local de estudo. Ainda, segundo esses autores a maioria desses estudos foram realizados utilizando cultivares do feijoeiro comum os quais não podem ser indistintamente extrapolados para cultivares da espécie de feijão-caupi devido aos genótipos utilizados, e as condições edafoclimáticas do local do estudo. Nesse contexto, considerando a inexistência de informações referentes à definição de lâmina de irrigação adequada para suprimento hídrico do feijão-caupi, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação suplementar por gotejamento sobre os parâmetros de crescimento, produção de grãos e seus componentes, em duas cultivares do feijão-caupi nas condições edafoclimáticas de Santa Maria, RS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O feijão-caupi foi introduzido no Brasil no século XVII pelos colonizadores portugueses, espanhóis e escravos africanos no Estado da Bahia (ARAÚJO et al., 1984; FREIRE FILHO et al., 2005). A cultura apresenta vários nomes vulgares no Brasil, variando em cada região e Estado. Em Moçambique a cultura é mais conhecida por feijão-nhema, enquanto nos Estados Unidos e Nigéria por cowpea (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é considerado como cultura de época quente. A temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para seu ótimo crescimento e desenvolvimento (CARDOSO et al., 2000). A temperatura do ar mais adequada ao seu desenvolvimento situa-se na faixa de 18 a 35°C (ARAÚJO et al., 1984; CARDOSO et al., 2000). Para boa germinação das sementes precisa de uma temperatura mínima do solo de 20°C (HEEMSKERK, 1985). Os valores de temperatura média do ar inferior a 18°C afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo e retardam o início da floração, aumentando consideravelmente o ciclo da cultura (ARAÚJO et al., 1984), enquanto temperaturas elevadas (> 35°C) durante o período de florescimento exercem uma grande influência sobre o abortamento de flores, vingamento e retenção final de vagens, afetando assim o número de grãos por vagem e rendimento de grãos (ARAÚJO et al., 1984; PINHO et al., 2005).

No que se refere aos solos, o feijão-caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos, especialmente nos Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a; MELO et al., 2005). Ainda segundo os autores em relação às características físicas e químicas do solo, como a maioria das culturas, desenvolve-se melhor naqueles ricos em matéria orgânica, textura média, profundos, bem drenados, arejados e de média a alta fertilidade. Solos com pH em torno de 4,5 a 5,5 são considerados aptos para o seu cultivo (ARAÚJO et al., 1984).

Quanto à adubação vários trabalhos demonstram que o fósforo é o principal nutriente limitante na produção do caupi (HEEMSKERK, 1985), apesar de esse elemento ser extraído pela cultura em quantidade bem menor que outros macronutrientes. Segundo Melo et

al. (2005), têm sido constatadas respostas expressivas à adubação fosfatada nos mais diversos tipos de solos onde o feijão-caupi é cultivado. Segundo Heemskerk (1985) o fósforo tem efeito positivo sobre o rendimento de grãos e formação de nódulos. Particularmente no fim do ciclo, cerca de 80% do fósforo disponível é absorvido nos últimos 30 dias de crescimento e translocado para o grão. O nível crítico teórico do elemento no solo, para ótimo desenvolvimento da planta, está em torno de 10 mg kg^{-1} . As doses de adubação recomendadas para o cultivo convencional encontram-se na faixa de 20 a $60 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ kg ha}^{-1}$ (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a; MELO et al., 2005). Ainda segundo os autores, adubação potássica na cultura não tem refletido no aumento da produção de grãos secos e valor considerado crítico para ótimo desenvolvimento está abaixo de 50 mg kg^{-1} de K_2O .

Em relação aos principais fatores limitantes a produção e rendimento da cultura no Brasil podem destacar-se: genéticos (uso de cultivares locais não melhorada com baixo potencial produtivo); bióticos (cultivares locais susceptíveis a pragas e doenças); abióticos (precipitação pluviométrica irregular, baixa fertilidade e salinidade dos solos), manejo inadequado da irrigação, além sistemas inadequados de cultivo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002b; CARDOSO et al., 1999; TEIXEIRA et al., 2010). Segundo Mousinho et al. (2008) a disponibilidade de água é um dos fatores ambientais mais limitante no rendimento da cultura, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, por causa da irregular distribuição temporal e espacial das chuvas, que condicionam a frequência e a intensidade de períodos de déficit hídrico.

A cultura sendo normalmente produzida em época quente é susceptível a diversas pragas e doenças, que podem ocasionar perdas consideráveis no rendimento, principalmente associado a ausência de conhecimento sobre o melhor manejo. De acordo com Quintela et al. (1991) e Silva et al. (2005) as principais pragas do feijão-caupi são: pulgão preto (*Aphis craccivora*), vaquinhas (*Diabrotica speciosa*; *Cerotoma arcuata*) cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) minador das folhas (*Liriomyza sativae*), lagarta das vagens (*Maruca testulalis*), percevejos (*Crinocerus sanctus*; *Piezodorus guidini*; *Acrosternum sp*), manhoso (*Chalcodermus bimaculatus*), caruncho (*Callosobruchus maculatus*) e tripes do botão floral. Ainda segundo os autores para o seu controle pode-se recorrer ao tratamento químico com cipermetrina, carbaril, monocrotophos, dimetoato, rotação de cultura, uso de cultivares melhoradas, entre outras.

Quanto às principais doenças segundo Neves et al. (2011) e Sobrinho et al. (2005) podem destacar-se: a morte-das-plântulas (damping off), podridão-das-raízes, podridão-do-

colo, murcha-de-fusário, ferrugem, mancha-bacteriana, mosaico-severo, mosaico-rugoso, mosaico-dourado, sarna e pústula-bacteriana. Ainda segundo os autores para o seu controle pode-se recorrer ao tratamento químico com produto como quintozene, carboxin mancozeb, práticas culturais adequadas como a destruição de restolhos, uso de sementes sadias e certificadas, rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, eliminação de plantas de daninhas hospedeiras de vírus vetores, seguir a época de semeadura, proteção das sementes com utilização de fungicidas antes de semeadura, entre outras opções técnicas.

2.2 PRODUÇÃO MUNDIAL

A produção total mundial do feijão-caupi é estimada em 3,6 milhões de toneladas de grão seco dos quais 64% são produzidos na África (SINGH et al., 2002). Essa produção é alcançada em 36 países, destacando-se entre os maiores produtores a Nigéria, Níger e o Brasil (Tabela 1) os quais representam cerca de 84% da área e 71 % da produção mundial (SILVA, 2015; SINGH et al., 2002).

De acordo, com IITA (2015), a Nigéria é o maior produtor e consumidor da cultura e este país é responsável por 61% da produção em África e 58% no mundo. Estimativas sugerem que mais de 12,5 milhões de hectares são plantados anualmente com caupi em todo o mundo (SILVA, 2015; CISSE;HALL, 2015) e cerca de 9,8 milhões de hectares (78% da área mundial) são cultivadas na parte central e ocidental da África tornando-se as regiões maiores produtores da cultura no mundo (CISSE;HALL, 2015).

Tabela 1 - Estimativa da área cultivada, produção e rendimento do feijão-caupi no mundo.

Países	Área (ha)	Produção (tonelada)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Nigéria	5.050.100	2.108.000	417
Níger	3.800.000	650.000	171
Brasil	1.500.000	491.558	365.5
Mali	512.455	113.000	220
Tanzânia	145.455	46.000	317
Myanmar	105.000	100.000	952
Uganda	64.000	64.000	1000
Haiti	55.000	38.500	700
EUA	40.000	45.000	1000
Sri Lanka	15.000	12.120	808
África do sul	13.000	5.600	430
Total	11.299.555	3.669.778	324

Fonte: Adaptado do Freire Filho et al. (2011) e Singh et al. (2002)

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial da cultura e a sua produção se concentra nas regiões Nordeste e Norte (FREIRE FILHO et al., 2005). A produção anualmente situa-se em torno de 482 mil toneladas, sendo Piauí, Ceará, Bahia e Maranhão os maiores produtores nacionais os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (FREIRE FILHO et al., 2011). A cultura apresenta grande importância na alimentação das populações que vivem nessas regiões, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor nutritivo sendo um dos principais componentes da dieta alimentar (LIMA et al., 2007). Mais recentemente, tem se destacado a produção da cultura na região Centro-Oeste do país especialmente em Goiás, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado que de certa forma contribui na franca expansão da cultura (TEIXEIRA et al., 2010).

Em Moçambique, o feijão-caupi ocupa o quarto lugar em termos de área de produção, é quinta cultura mais importante depois do milho, mandioca, amendoim e arroz. É a segunda leguminosa mais importante depois do amendoim com um rendimento médio de 300 kg ha⁻¹ e área total cultivada de cerca de 212 mil hectares (INE, 2010). A cultura é produzida majoritariamente pelo setor familiar em regime de sequeiro geralmente consorciado com milho e mandioca (HEEMSKERK, 1987). A produção pelo setor familiar é destinada principalmente a obtenção de folhas frescas e grão seco para consumo humano.

2.3 IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

O feijão-caupi é uma cultura importante para a alimentação humana. As suas folhas frescas, vagens verdes e grão seco são usados na alimentação (ARAÚJO et al., 1984; CGIAR, 2015; QUIN, 1997). As folhas frescas são ricas em proteínas e minerais (HEEMSKERK, 1985).

O feijão-caupi desempenha um papel fundamental de subsistência para dieta de muitas famílias na África, América do sul e Ásia (CGIAR, 2015; CISCHE;HALL, 2015). A cultura é uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas (tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina e ácido fólico) e minerais (ferro, zinco, potássio, e fósforo) (AYKROYD et al., 1992; SINGH et al., 2002). Além disso, contêm aminoácidos essenciais ao ser humano (lisina, treonina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, metionina, triptofano e arginina) e tem excelente valor calórico (FROTA et al., 2008; NNANNA;PHILLIS, 1989). A proteína do seu

grão seco é rica em aminoácidos essenciais é deficiente nos aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) (NNANNA;PHILLIS, 1989), assim permite um balanço na dieta humana quando combinada com os cereais (SINGH et al., 2002).

A cultura por ser rica em proteína, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais torna-se de grande valor atual e estratégico para a segurança alimentar e nutricional em vários países do mundo (CISSE;HALL, 2015). É considerado alimento básico das populações carentes, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada, pois é uma significativa fonte de proteína vegetal, cujo maior consumo é verificado na forma de grão seco (BASTO et al., 2012). Em alguns países da África como a Nigéria, Uganda e Níger o grão seco é moído até farinha e consumido em vários pratos tradicionais, servindo de igual modo de alimentos de desmame e comida processada (CISSE;HALL, 2015).

2.4 NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA

O feijão-caupi é considerado uma planta sensível tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. A cultura responde à aplicação de água de forma diferente em termos de rendimento de grão e seus componentes, variando em função das cultivares utilizadas e condições climáticas da região explorada (RAMOS et al., 2014).

A necessidade hídrica é variável conforme estágio de desenvolvimento da cultura. Aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001). A exigência hídrica varia de 300-450 mm durante o ciclo, dependendo das condições edofoclimática do local, característica da cultivar, duração do ciclo fenológico e práticas culturais (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a).

Segundo Cardoso et al. (2000) a cultura exige no mínimo 300 mm de precipitação para que produza sem a necessidade de utilização da prática de irrigação. As regiões cujas quantidades pluviométricas oscilam entre 250-500 mm anuais são consideradas aptas para o seu cultivo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a). De acordo, com Cardoso et al. (2000) as limitações hídricas estão mais relacionadas à distribuição pluvial do que a quantidade total de chuvas ocorridas durante o ciclo.

O consumo hídrico diário raramente excede 3 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento (CARDOSO et al., 2000). Bastos et al. (2008), no Vale do Gurguéia, PI, observaram consumo hídrico do feijão-caupi de 4,1 mm dia⁻¹, sendo o estágio reprodutivo (florescimento e enchimento dos grãos) o de maior demanda hídrica (5,4 mm dia⁻¹). Lima et al. (2006) na microrregião do Brejo Paraibano, constataram consumo hídrico do feijão-caupi de 4,12 mm dia⁻¹. A maior demanda hídrica foi registrada na fase reprodutiva, com valor médio de 3,65 mm dia⁻¹. A maior demanda hídrica da cultura nessa fase é devido ao fato de que a água ser o meio de transporte dos fotoassimilados da fonte (folhas e raízes) aos grãos e durante a época reprodutiva esta atividade é máxima (CALVACHE et al., 1998).

As lâminas de irrigação para obtenção do máximo rendimento da cultura variam de 370-570 mm, com reflexo direto no rendimento de grão seco de 1376 a 2905 kg ha⁻¹ (CARVALHO et al. 1992). Locatelli et al. (2014) e Oliveiras et al. (2011), no município de Boa Vista-RR, obtiveram máximo rendimento de grão (1420 e 1504 kg ha⁻¹) na cultivar BRS Novaera do feijão-caupi, aplicando a lâmina de 257 e 199 mm, respectivamente. Segundo os autores os valores de lâmina de irrigação encontrados não estão situados dentro da faixa sugerida por Carvalho et al. (1992). Ainda segundo os autores as diferenças observadas estão associadas às cultivares utilizadas e à diversidade das condições edafoclimáticas dos locais de estudo. Lima Filho (2000) em Petrolina-PE alcançou o máximo rendimento de grão (1550 kg ha⁻¹), na cultivar Pitiúba do feijão-caupi aplicando a lâmina de 300 mm. Andrade Júnior et al. (2002b) no Parnaíba, PI alcançaram o máximo rendimento de grão (2284 e 1725 kg ha⁻¹) na cultivar BR-17 Gurguéia e BR-14 Mulato do feijão-caupi, aplicando a lâmina de 449 e 390 mm, respectivamente. Ainda segundo os autores a lâmina de irrigação encontrados estão situados dentro da faixa sugerida por Carvalho et al. (1992).

2.5 EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA

Como as demais culturas, o rendimento do feijão-caupi é bastante afetada pela disponibilidade de água no solo. Resultados de trabalhos realizados com a cultura mostram que os estágios de floração e enchimento de grãos são os mais críticos a restrição hídrica (BEZERRA et al., 2003; FILHO;TAHIN, 2002; NASCIMENTO et al., 2011). Heemskerk (1987) afirma que a cultura deve ser bem suprida de água a partir da primeira floração até ao momento do estabelecimento firme das primeiras vagens.

Santos e Carlesso (1998) afirmam que os efeitos do déficit hídrico dependem de uma série de fatores, como características das cultivares, estágio fenológico, intensidade, duração, época de ocorrência e interação com outros fatores inerentes ao rendimento das culturas. Segundo Pinho et al. (2005) o feijão-caupi reage a deficiência hídrica do solo de acordo com sua intensidade. Assim, em níveis moderados de água a planta reduz o seu ciclo tornando-se mais precoce, em grau severo retarda a atividade reprodutiva.

A avaliação do status hídrico das plantas do feijão-caupi quando submetidas à deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva, demonstra que as cultivares sofreram reduções significativas no potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração foliar, com conseqüente aumento na temperatura da folha (MENDES et al., 2007). O déficit hídrico em plantas de feijão-caupi diminui a condutância estomática e aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, em conseqüência, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2005). Para Endres (2000), os estômatos atuam como moduladores da perda de água pela transpiração respondendo ao déficit hídrico com a alteração da abertura do poro a uma faixa crítica de valores do potencial hídrico foliar.

A redução da área foliar e mudança na orientação dos folíolos são os principais mecanismos morfofisiológicos que a cultura apresenta em ambiente de déficit hídrico, associado ao desenvolvimento profundo de sistema radicular e alta condutividade hidráulica na raiz, maximizando a captação de água e o controle da abertura estomática (LEITE;VIRGENS FILHO, 2004; NASCIMENTO et al., 2011). Costa et al. (1997) constataram que as plantas do feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico apresentaram um maior desenvolvimento do sistema radicular, em relação às plantas sem estresse, independentemente da cultivar. Rocha (2001) também verificou uma tendência ao aprofundamento do sistema radicular em três cultivares do feijão-caupi sobre déficit hídrico.

O feijão-caupi também exige mecanismo de fuga ou escape à seca, ou seja, mantém razoável status hídrico (PIMENTEL et al., 1999). Ferreira et al. (1991), estudando as respostas fisiológicas adaptativas em duas cultivares feijão-caupi ao déficit hídrico aplicado durante a fase vegetativa e reprodutiva, constataram que as limitações na disponibilidade de água no solo não foram capazes de induzir reduções no potencial hídrico foliar em ambas cultivares devido ao excelente mecanismo de fuga ou escape contra a seca apresentada pelas cultivares. As cultivares de feijão-caupi apresentam diferentes respostas fisiológicas quando submetidos a déficit de água no solo (BEZERRA et al., 2003).

Nascimento et al. (2011), ao avaliar o efeito do déficit hídrico em feijão-caupi durante a fase reprodutiva, constataram que o déficit hídrico reduziu em 20% o índice médio de área foliar. Bastos et al. (2011), o déficit hídrico reduziu em 20% o índice médio de área foliar, 16% o índice médio de clorofila, 175% 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. Bezerra et al. (2003) constataram que o déficit hídrico imposto nos estádios vegetativo e enchimento dos grãos em feijão-caupi apresentou redução de 38,8% na produção de grãos em relação ao tratamento sem déficit. Já o déficit aplicado em apenas um estágio fenológico, reduziu o rendimento em até 26%, em relação à testemunha, indicando a necessidade de um suprimento hídrico adequado no estágio de enchimento de grãos. Leite e Virgens Filho (2004), avaliando o efeito do estresse hídrico na fase vegetativa e reprodutiva no crescimento do feijão-caupi, verificaram efeitos negativos sobre o crescimento da cultura, os quais se acentuaram como resposta aos déficits hídricos de maior duração, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e componentes de produção.

2.6 IRRIGAÇÃO

2.6.1 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação busca suprir a necessidade hídrica de uma cultura sem déficit e excessos, visando um bom rendimento. Consiste desde a escolha correta do método de aplicação de água até o estabelecimento de critérios para a determinação da necessidade hídrica da cultura (FERREIRA, 2011; MANTOVANI et al., 2013). Existem diferentes métodos de manejo de irrigação, sendo os mais utilizados aqueles baseados no turno de irrigação (prefixado e variável), balanço de água no solo (umidade), dados climáticos, condições ou características da planta e podendo-se também empregar combinações entre estes (BERNARDO et al., 2013; CARVALHO; OLIVEIRA, 2012; PETILLO, 2008).

O aspecto-chave no manejo da irrigação é determinar quando irrigar e quanto de água aplicar (BERNARDO et al., 2013). Esta decisão depende da capacidade de armazenamento de água do solo, tipo e manejo do solo, estágio de desenvolvimento da cultura e intensidade da evapotranspiração ou demanda atmosférica (CARLESSO; ZIMMERMANN, 2005).

Atualmente, existe um crescente interesse no controle da irrigação através de dados meteorológicos com principal objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) (CARLESSO;PEREIRA, 2008). Ainda segundo os autores os métodos usados para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) são muitos e de complexa configuração dos dados de entrada, sendo o método de Penman-Monteith.

O método de Penman-Monteith (FAO-56) é considerado padrão para estimar ET_o, devido ao bom desempenho em diversos tipos de clima e o seu valor é muito próximo da ET_o da grama nos diferentes tipos de climas testado (CARLESSO et al., 2007; CARVALHO et al., 2011). Ainda segundo os autores, o método possui embasamento físico, incorpora parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos. A dificuldade de utilizar esse método consiste em que o mesmo requer medidas de muitas variáveis meteorológicas, como a temperatura do ar, umidade relativa do ar, saldo da radiação solar, fluxo de calor no solo e velocidade do vento, as quais muitas vezes não estão disponíveis em qualquer propriedade, região e país (CARLESSO et al., 2007; CARVALHO et al., 2011; CARVALHO;OLIVEIRA, 2012).

Ramos et al. (2014) em Teresina, avaliaram o rendimento de grãos verdes e os componentes de produção do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos estimando ET_o pelo método de Penman-Monteith-FAO. Andrade Júnior et al. (2014) em Bom-Jesus-PI, avaliaram o crescimento de cultivares de feijão caupi em resposta aplicação de lâminas de irrigação também estimando a ET_o pelo mesmo método.

2.6.2 Método e sistema de irrigação

O feijão-caupi adapta-se razoavelmente às condições adversas de solo, clima e sistemas de cultivo em relação a outras leguminosas, porém com baixo rendimento. Entre método e sistemas de irrigação, mais utilizados com a cultura são aspersão convencional e o pivô central (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). A escolha do método mais adequado depende de vários fatores, podendo-se destacar o tipo de solo, tamanho da área a ser irrigada, disponibilidade de água, retorno econômico da cultura entre outros (FERREIRA, 2011; PEREIRA, 2004). Portanto, não existe um método ideal, mas sim, um método adequado a uma determinada situação.

Outro método e sistema de irrigação utilizado na cultura, é localizada por gotejamento. Dutra et al. (2013) avaliaram genótipos de feijão-caupi submetidos a diferentes taxas de

reposição hídrica pelo método de irrigação localizada por gotejamento com gotejadores espaçados a 0,3 m e vazão de 2,4 L h⁻¹ e turno de rega de 2 dias. Azevedo et al. (2011) avaliaram genótipos de feijão-caupi submetidos a diferentes diferentes lâminas de irrigação pelo mesmo método e sistema de irrigação.

A irrigação localizada por gotejamento compreende aplicação de água gota a gota, diretamente na região da raiz da planta em alta frequência e pequenas intensidades, de modo que mantenha o solo na região radicular das plantas uma boa umidade (BERNARDO et al., 2013; MANTOVANI et al., 2013). Ainda segundo os autores a eficiência de aplicação do método é bem maior variando entre 90 a 95%.

Essa técnica de irrigação utiliza tubulações flexíveis de polietileno, nas quais são inseridos os emissores ou gotejadores nas linhas laterais que operaram com pressão de serviço entre 5 a 25 m.c.a, fornecendo vazões de 1 a 20 L h⁻¹ (BERNARDO et al., 2013), podendo formar no solo uma superfície molhada de forma circular não havendo sobreposição dos bulbos molhados, ou uma faixa molhada contínua com sobreposição dos bulbos molhados (PEREIRA, 2004). Ainda segundo o autor o tamanho e a forma do bulbo molhado dependem da vazão do gotejador, duração da aplicação da água e tipo de solo. Em solos argilosos, em razão da menor taxa de infiltração, verifica-se a formação de bulbo com maior dimensão horizontal, em relação a vertical explicado pela maior influência da capilaridade sobre a gravidade (MAIA;LEVIEN, 2010).

O espaçamento entre emissores na linha lateral e entre as laterais dependem da vazão do gotejador, tipo de solo, da cultura a ser irrigada, disposição na área, e porcentagem de área molhada requerida (MANTOVANI et al., 2013; PEREIRA, 2004). Segundo Pereira (2004) o espaçamento dos emissores deve ser ajustados para que o solo seja adequadamente molhado tanto na horizontal como na vertical. Em solos arenosos o espaçamento entre gotejadores deve ser muito pequeno para assegurar a continuidade dos bulbos molhados, evitando assim a deficiência hídrica da cultura.

O conhecimento da profundidade e largura do bulbo molhado na irrigação localizada é um aspecto importante que deve ser considerado para otimizar o uso da água, evitar a percolação profunda, definir aspectos importantes tais como lâmina, frequência de irrigação, número de gotejadores e dimensionamento hidráulico (COOK et al., 2006; MAIA;LEVIEN, 2010).

Esse método, de modo geral, trabalha com turno de rega de um a quatro dias, pois se caracteriza por possuir emissores de baixas vazões (BERNARDO et al., 2013). Segundo

Carlesso e Zimmermann (2005) o turno de rega varia de acordo com as condições climáticas, estágio de desenvolvimento da cultura, tipo do solo, manejo, cultivar entre outros fatores, como consequência, não pode ser prefixado em uma área irrigada, sendo que em condições de alta demanda atmosférica menor será o turno e conseqüentemente maior custo de irrigação.

De acordo, com Boas et al. (2011) uma das principais limitações do método é seu alto custo de implantação e manutenção em relação os outros sistemas. Ainda segundo o autor por ser um sistema fixo, exige alto investimento em aquisição de equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados gastos como, mão-de-obra para operação e manejo do sistema. Segundo Bernardo et al. (2013) esse método é recomendando para as culturas de alto retorno económico.

A uniformidade de aplicação de água pelo método pode ser avaliada através de vários coeficientes, destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (PEREIRA, 2001). Ainda segundo o autor CUD é definido como a medida da distribuição da água que relaciona a quarta parte da área total, que recebe menos água, com a lâmina média aplicada. Esses coeficientes de uniformidade são determinados utilizando a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) e Denículi et al. (1980) conforme apresentados por Mantovani et al. (2013).

2.7 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO- FENOMETRIA

A análise de crescimento vegetal é uma ferramenta para melhor conhecimento da planta como entidade biológica e permite manejar racionalmente as espécies cultivadas para expressão do seu potencial de produção (FIGUEIREDO et al., 2012). A área foliar e a matéria seca são os parâmetros mais utilizados, na avaliação do crescimento vegetal uma vez que esses fatores representam a fábrica e o produto final, respectivamente (BEZERRA et al., 2008). A área foliar (AF), de uma maneira geral, apresenta-se como importantíssimo parâmetro na determinação da capacidade fotossintética, densidade ótima de plantio e relação solo-água-planta (OLIVEIRA, 1977). Ainda segundo o autor ela relaciona-se, com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e o rendimento. Além disso, o conhecimento da área foliar permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (ANGELOCCI, 2002; PEREIRA et al., 1997).

A determinação da área foliar pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos (OLIVEIRA, 1977). Os métodos diretos são destrutivos e exigem a retirada das folhas o que muitas vezes são impraticáveis em alguns estudos devido ao limitado número de plantas na parcela experimental (MALDANER et al., 2009). Já os métodos indiretos ou não destrutivos as medidas são tomadas na planta, sem necessidade de remoção de folhas, preservando sua integridade e permitindo acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo (FIGUEIREDO et al., 2012).

No feijão-caupi a área foliar pode ser estimada utilizando modelos matemáticos que envolvem parâmetros dimensionais de folhas, os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real e os parâmetros dimensionais lineares das folhas (FIGUEIREDO et al., 2012; LIMA et al., 2008). Ainda segundo os autores pela facilidade e por ser não destrutivo, os modelos mais utilizados são os que usam comprimento da nervura principal (C), largura máxima (L) e as relações entre essas medidas.

Lima et al. (2008), com objetivo de estabelecer um modelo matemático para estimar a área foliar do feijão-caupi, através de medida de comprimento da nervura principal e máxima largura do folíolo central obtiveram seguinte equações: $AF = \Sigma(0,9915 (CxL)^{0,9134})$ e $AF = \Sigma(0,6597 (CxL) + 2,1745)$. Ainda segundo os autores as medidas de comprimento e máxima largura das folhas são adequadas para estimar a área foliar na cultura de forma rápida e sem a necessidade de coleta-lás.

O índice de área foliar (IAF) consiste na relação da área foliar da planta com a área do terreno ocupada por ela. Assim é possível avaliar o crescimento e o desenvolvimento de um cultivo irrigado e de sequeiro com base nesse índice, uma vez que a escassez ou o excesso de água afetam diretamente o desenvolvimento das folhas (OLIVEIRA, 1977). O suprimento adequado de água no feijão-caupi é um dos principais fatores para garantir uma boa área foliar e produção de matéria seca, uma vez que escassez ou excesso de água afeta, diretamente o desenvolvimento das folhas (ANDRADE JÚNIOR et al., 2000). Solos frequentemente úmidos podem favorecer o seu desenvolvimento vegetativo em detrimento da formação de vagens e grãos, tornando os valores de índice de área foliar (IAF) excessivamente altos, que pode implicar em menor disponibilidade de luz para a planta em virtude do auto-sombreamento, o que reduz a eficiência fotossintética (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

Bastos et al. (2002) encontraram valores máximos do IAF variando de 3 a 4,3, para a cultivar de feijão-caupi BR 14 Mulato, e um IAF de 3 para a cultivar BR17, aos 47 dias após a

semeadura. Lima Filho (2000) verificou um IAF de 2,8 para a cultivar Pitiúba. Nascimento et al. (2011), em condições de irrigação plena, encontraram o valor máximo de IAF foi 5, para a cultivar BRS Paraguaçu; o menor foi de 3,9 para cultivar Pingo-de-ouro e o valor médio obtido durante todo o ciclo da cultura foi de 4,5. Segundo Summerfield (1985), um IAF acima de 3 representa para o feijão-caupi máximo desenvolvimento do dossel, possibilitando uma maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida.

2.8 COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Os componentes de produção comumente observados e avaliados na definição do desempenho de determinada cultivar de feijão-caupi, conforme as lâminas de água aplicadas são: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (P100G) (FREIRE FILHO et al., 2005).

Oliveira (2011), no município de Boa Vista-RR, estudando o comportamento da cultivar BRS Novaera sob quatro lâminas de irrigação (273, 257, 241 e 187 mm) constaram que comprimento de vagem e número de grão por vagem não foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação. Azevedo et al. (2011) no município de Fortaleza-CE avaliando as diferentes lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100, 125 e 150% da ETc), constaram que o número de vagens por planta do feijão-caupi, não foram influenciados pelas lâminas de irrigação e interação não foi significativa.

Bezerra et al. (2003) no município de Fortaleza-CE, constaram que o peso de 100 grãos não foi estatisticamente afetado sob regime de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultivar Epace-11 do feijão-caupi. Carvalho et al. (2000), no mesmo local ao determinar os efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico (20, 40, 60, 80 e 100 de reposição da água consumida diariamente), obtiveram reduções nos componentes de produção com o aumento do déficit hídrico. Segundo Nóbrega et al. (2001) a redução da umidade no solo influencia os processos fisiológicos, resultando na diminuição do crescimento foliar, o qual está associado positivamente à inibição da atividade fotossintética, o que limitará o rendimento da cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em campo, no período de dezembro de 2014 a março de 2015 na área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, (latitude 29°41'25"S; longitude 53°48'42"W e altitude de 110 metros) (Figura 1). O clima na região é subtropical úmido (Cfa) conforme a classificação de Koppen e precipitação média anual varia de 1.322 a 1.769 mm (MORENO, 1961). O solo predominante na região é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (STRECK et al., 2008).

Figura 1 - Área onde foi instalado o experimento e crescimento das cultivares do feijão-caupi.



Fonte: Autor

3.2 CARATERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA E QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Para a avaliação das condições física do solo na qual o experimento foi conduzido, foram coletadas amostras de solo indeformadas e deformadas na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, com três repetições. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do solo

do Sistema Irriga do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de um extrator, no qual foi acoplado um cilindro de metal de 6 cm de diâmetro, 3 cm de altura e volume de 84,82 cm³. As amostras deformadas foram usadas para determinação de densidade de partícula e análise granulométrica. As amostras indeformadas foram utilizadas na determinação da densidade do solo, macro e microporosidade, porosidade total e curva característica de água no solo (nos pontos de - 1; -6; -10; -33; -100; -500 e -1500 kPa). A densidade de partículas foi obtida pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico. A macroporosidade foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A determinação de todos os parâmetros para a caracterização física do solo foram realizadas conforme métodos descritos em EMBRAPA (1997).

O teste de infiltração de água no solo foi realizado através do método do duplo anel concêntrico conforme descrito por Bernardo et al. (2013). Os anéis mediam 40 e 20 cm de diâmetro, ambos com 40 cm de altura. As leituras das lâminas infiltradas foram realizadas de 1 a 10 min com intervalo de 1 min, de 10 a 60 min com intervalo de 5 min e depois de 60 min com intervalos de 30 min até atingir a variação mínima próximo aos 270 min (4,5 horas), com duas repetições. Com os dados obtidos, calculou-se a infiltração acumulada e velocidade de infiltrada básica água no solo pela equação de Kostiakov conforme descrito por Bernardo et al. (2013) e Brandão et al. (2012).

Para a determinação das características químicas as amostras foram retiradas em profundidades de 0-20 e 20-40 cm da área experimental. As análises foram efetuadas em amostras de solo deformadas no Laboratório de Análise Químicas dos Solos da UFSM para posterior interpretação e recomendações de fertilizantes conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) e exigências nutricionais do feijão-caupi (MELO et al., 2005).

3.3 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados relativos às condições meteorológicas foram obtidos na estação automática da UFSM, vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que dista aproximadamente 2000 m da área experimental. Os elementos meteorológicos coletados diariamente foram a precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (máxima e mínima) (°C)

umidade relativa do ar (máxima e mínima) (%), insolação (horas), velocidade do vento (m s^{-1}) e radiação solar (Kj m^{-2}).

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, com tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, onde as lâminas de irrigação foram distribuídas nas parcelas principais e as cultivares nas subparcelas. Os tratamentos consistiram na combinação de cinco lâminas de irrigação e duas cultivares de feijão-caupi. As lâminas de irrigação consistiram: sem irrigação (0%) (L_1), irrigação suplementar de 25% (L_2), 50% (L_3), 75% (L_4) e 100% (L_5) da evapotranspiração da cultura (ET_c). As cultivares utilizadas foram: BRS Potengi (C_1) e BRS Novaera (C_2). A área de cada parcela foi de $7,8 \text{ m}^2$ ($5,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$) e subparcela $3,75 \text{ m}^2$ ($2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$) conforme apresentado no Apêndice A. Cada subparcela foi constituída por quatro linhas de $2,5 \text{ m}$ de comprimento. O espaçamento entre as linhas foi de $0,5 \text{ m}$ e planta de $0,4 \text{ m}$ resultando em 24 plantas por subparcela e densidade de $64,000 \text{ plantas ha}^{-1}$. A área útil foi formada por duas fileiras centrais. Área total do experimento foi de $226,1 \text{ m}^2$ e de cada bloco $49,4 \text{ m}^2$ ($5,2 \text{ m} \times 9,5 \text{ m}$).

3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES, SEMEADURA E ADUBAÇÃO

As cultivares utilizadas foram desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Meio-Norte em Teresina-PI. As sementes foram cedidas pela mesma instituição. As principais características agronômicas das cultivares estão apresentadas na Tabela 2. A semeadura foi realizada no dia 23 de dezembro de 2014, pelo sistema convencional, método manual, onde foram colocadas duas sementes por cova para cada cultivar numa profundidade uniforme de 4 cm . À adubação foi de base efetuada de acordo com os resultados de análise química do solo e seguindo as exigências nutricionais da cultura. Consistiu na aplicação manual de 100 kg ha^{-1} de NPK na formulação 05:20:20. Aos cinco dias após a emergência realizou-se o desbaste, manualmente, deixando-se uma planta por cova. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente durante o ciclo da cultura com auxílio de enxada, sempre que necessário. Durante o período do experimento não foi aplicado produto químico para o controle das principais pragas e doenças da cultura.

Tabela 2 - Principais características das cultivares do feijão-caupi BRS Potengi e BRS Novaera utilizados no experimento.

Características	BRS Potengi	BRS Novaera
Ciclo (dias)	70-75	65-70
Hábito de crescimento	Indeterminado	Indeterminado
Porte da planta	Semi-ereto	Semi-ereto
Número de dias para floração plena	39	41
Comprimento de vagem (cm)	18	15
Número de grão de vagem	14	10
Peso de 100 grãos (g)	21	20

Fonte: Adaptado do Freire Filho et al. (2008, 2009).

3.6 MANEJO E MÉTODO DE IRRIGAÇÃO

3.6.1 Manejo da irrigação

Durante a condução do experimento o manejo da irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c) calculada em condição padrão-FAO (ALLEN et al. 1998; DOORENBOS; KASSAN, 1979) conforme a equação (1).

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (1)$$

em que: ET_c = Evapotranspiração da cultura (mm); ET_o = evapotranspiração de referência e k_c= coeficiente da cultura.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada pela equação de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998), considerando a densidade de fluxo de calor no solo (G) igual a zero, conforme a equação (2).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 u_2)} \quad (2)$$

em que:

- ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
- 0,408 = fator de conversão para o termo (R_n-G) de MJ m⁻²dia⁻¹ para mm dia⁻¹;
- Δ = declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa °C⁻¹);
- R_n = radiação líquida à superfície (MJ m⁻² dia⁻¹);
- G = densidade do fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);

- γ = constante psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);
- T = temperatura média do ar a 2 m de altura ($^\circ\text{C}$);
- u_2 = velocidade do vento medida a uma altura de 10 m e convertida a 2 m (m s^{-1});
- e_s = pressão de saturação de vapor (kPa);
- e_a = pressão atual de vapor (kPa);
- $e_s - e_a$ = déficit de pressão de vapor de saturação (kPa).

Os valores de coeficiente da cultura (K_c), foram obtidos conforme Allen et al. (1998). As fases de desenvolvimento da cultura foram definidas de acordo com a recomendação dos mesmos autores sendo:

- I - estabelecimento ou inicial (até 15% do seu desenvolvimento vegetativo);
- II - desenvolvimento vegetativo (15% do seu desenvolvimento vegetativo ao início da floração-R1);
- III - floração e frutificação ou médio (do início da floração até o início da maturação-R3) e
- IV - maturação ou final (início da maturação à colheita).

Os valores de K_c utilizados para cada fase de desenvolvimento da cultura e a duração das respectivas fases são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Duração das fases de desenvolvimento do feijão-caupi e respectivos valores de K_c

Fase	Dias após semeadura	Valor de K_c
I	0-15	0,4
II	16-40	interpolado
III	41-75	1,15
IV	76-90	0,35

Fonte: Adaptado de Allen et al. (1998)

Os valores de coeficiente da cultura (K_c) diário para as fases de desenvolvimento vegetativo (II), floração e frutificação (IV) foram obtidos conforme a equação (3) e (4) descritas por Carvalho e Oliveira (2012).

$$K_{ci} \text{ (fase II)} = K_c \text{ inicial} + \left(\frac{K_c \text{ médio} - K_c \text{ inicial}}{L_{\text{fase}} + 1} \right) * i \quad (3)$$

$$K_{ci} \text{ (fase IV)} = K_{c \text{ inicial}} + \left(\frac{K_{c \text{ final}} - k_{c \text{ médio}}}{L_{\text{fase}}} \right) * i \quad (4)$$

em que: K_{ci} = valor de k_c para o dia i , na respectiva fase; L_{fase} = duração da fase II ou IV, em dia; i = número correspondente ao dia dentro da fase II ou IV.

A fase de estabelecimento ou inicial correspondeu desde a sementeira (V0) até a terceira folha trifoliolada encontrando-se com os folíolos separados e completamente abertos (V5). O início da maturação (R3) correspondeu ao início da mudança de coloração das vagens. A caracterização da mudança do estágio fenológico foi realizada quando 50% das plantas da população de cada tratamento apresentavam as características referentes ao novo estágio. A descrição das fases fenológicas da cultura foi realizada de acordo com Campos et al. (2000) e Moura et al. (2012).

Para cálculo da lâmina bruta, no dia em que foi efectuada a irrigação, acumulou-se os valores de evapotranspiração da cultura referente ao período de dois dias e descontado nela a precipitação efetiva ocorrida, considerando-se eficiência de aplicação de 90%, conforme a equação (5) descrita por Bernardo et al. (2013).

$$LB = \frac{\sum ET_c - Pe}{E_a} \quad (5)$$

em que: LB = lâmina bruta (mm); ET_c = evapotranspiração da cultura (mm) ; Pe = precipitação efetiva (mm), E_a = eficiência de aplicação (%).

A precipitação efetiva (Pe) foi estimada através do método de percentagem fixa da precipitação total diária. Para o presente estudo, foi considerada uma precipitação efetiva diária de 75% do total precipitado, conforme a metodologia utilizada por Mousinho et al. (2008). Aplicação de lâminas de irrigação diferenciada (tratamentos) baseou-se no tempo de irrigação, conforme descrito por Bernardo et al. (2013). A intensidade de aplicação de água foi determinada conforme os mesmos autores.

3.6.2 Método de irrigação

A irrigação foi realizada através do método localizado por gotejamento, com gotejadores espaçados a 0,2 m na linha e vazão média de 1,2 L h⁻¹. As irrigações foram realizadas com turno de dois dias, quando necessário. O espaçamento entre as linhas foi de 0,5 m. No presente estudo não foi realizada avaliação de uniformidade de distribuição de água e diâmetro máximo do bulbo molhado, recorrendo-se aos resultados obtidos por Padrón et al. (2015) realizados na mesma área.

Os tratamentos de irrigação foram iniciados a partir do trigésimo primeiro dia após a semeadura (DAS) conforme a metodologia utilizada por Andrade Júnior et al. (2014) e Ramos et al. (2014) e se estenderam até o início da maturação. Da semeadura aos 30 DAS, não se realizou irrigação devido a ocorrência de precipitação (245 mm), o que garantiu a germinação e o desenvolvimento inicial das cultivares.

3.7 MONITORAMENTO DO CONTEÚDO DE ÁGUA

Monitorou-se o conteúdo de água no solo na profundidade de 0-0,2 m, utilizando o TDR-300 (reflectometria no domínio do tempo) com hastes de 20 cm conforme a Figura 2. As leituras foram realizadas nos dias em que foram efetuadas as irrigações antes da sua ampliação. Os valores de constante dielétrica (Ka) obtidos foram convertidos em conteúdo volumétrico de água no solo através da equação (6) obtida por Padrón et al. (2015) na calibração do equipamento para a mesma área experimental, na profundidade de 0-0,2 m. A lâmina de água armazenada no solo foi obtida pelo produto do conteúdo volumétrico de água e a espessura de camada considerada.

$$Y = 0,9362x - 0,068954 \quad (6)$$

em que: Y = umidade volumétrica (cm³ cm⁻³); x= constante dielétrica (Ka) determinada pelo TDR (%).

Figura 2 - Leitura dos valores de constante dielétrica pelo TDR 300. Santa Maria, RS, 2015.



Fonte: Autor

3.8 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO AVALIADOS

Foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento: altura de planta (cm), índice da área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$) e massa seca da parte aérea (g). As avaliações foram realizadas aos 38, 45, e 52 DAS, em intervalo de 7 dias, compreendendo parte da fase vegetativa e início da reprodutiva, conforme a metodologia utilizada por Nascimento et al. (2004). Aos 30 DAS foram marcadas as plantas em cada subparcela com uma estaca para determinação de altura e área foliar. Para massa seca as plantas foram marcadas aos 35 DAS.

3.8.1 Altura de planta

Foi determinada em cinco (5) plantas por subparcela nas duas fileiras centrais de área útil, obtida através da distância vertical entre a superfície do solo até o ponto de inserção da última folha com auxílio de régua e trena graduada.

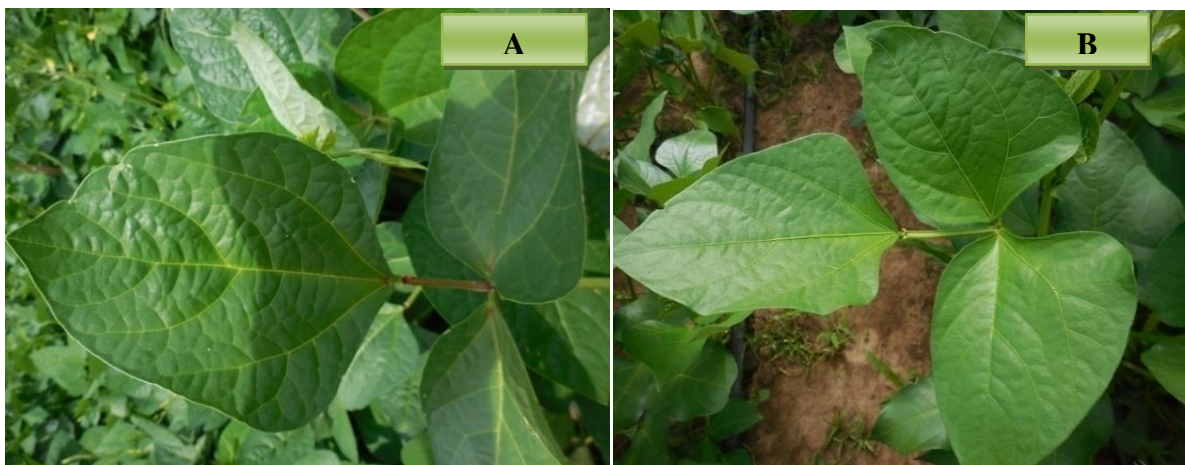
3.8.2 Área foliar do trifólio e índice de área foliar

Área foliar do trifólio foi determinada em duas plantas por subparcela, medindo-se o comprimento e máxima largura de cada folíolo central, obtida pelo auxílio de uma régua graduada. As medidas foram feitas em seis folhas por planta na parte superior de dossel vegetativo conforme metodologia utilizada por Bezerra et al. (2014). O comprimento do folíolo central foi determinado ao longo da nervura central, considerando-se a distância desde o ápice da folha até a inserção do limbo com o pecíolo, e máxima largura perpendicular ao alinhamento da nervura central para cada cultivar (Figura 3A e B). A área foliar do trifólio foi estimada conforme a equação (7) proposta por Lima et al. (2008). O índice de área foliar (IAF) foi definida pela relação da área foliar do trifólio (cm²) com a área do terreno ocupada por planta (cm²).

$$AF = \sum_{n=1}^6 (0,6597(C * L) + 2,1745) \quad (7)$$

em que: AF = área foliar do trifólio (cm²); C = comprimento do folíolo central (cm); L = máxima largura do folíolo central (cm), n = número de trifólio.

Figura 3 - A: Folíolo central da cultivar BRS Novaera, B: Folíolo central da cultivar BRS Potengi. Santa Maria, 2015.



Fonte: Autor

3.8.3 Massa seca da parte aérea

Foi determinada em duas plantas por subparcela, de forma destrutiva. As plantas colhidas foram acondicionadas em sacos de papel de pardo identificadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, até atingir peso constante. Após a secagem, foi determinada a massa de matéria seca total por tratamento em balança analítica, descontado desta a massa do saco do papel.

3.9 COMPONENTES DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO DE GRÃO

Foram determinados conforme a metodologia utilizada por Bezerra et al. (2003). A análise de produção efetuou-se dentro da área útil. Os componentes de produção avaliados foram: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 100 grãos (PCG). A avaliação dos componentes de produção foi realizada no momento da colheita, debulha e pesagem. A colheita foi realizada manualmente aos 85 e 86 DAS, quando as vagens estavam bem intumescidas e começavam a sofrer mudança de tonalidade. Os componentes de produção e rendimento de grão foram avaliados da seguinte forma:

- a) Número de vagens por planta : pela média do número de vagens em cinco plantas da área útil escolhida ao acaso;
- b) Comprimento de vagem (cm) : em 30 vagens retiradas ao acaso em cada tratamento no momento da colheita e no ato de debulha, fez-se as mensurações com auxílio de uma régua graduada;
- c) Número de grãos por vagem : pela contagem do número de grãos das mesmas vagens da variável anterior;
- d) Peso de 100 grãos (g): tomando-se 100 grãos ao acaso para cada tratamento e através de uma balança analítica de 0,01 g de precisão obteve-se o peso;
- e) Rendimento de grão seco (Kg ha^{-1}): pela produção em cada tratamento através de pesagem dos grãos da área útil e em seguida os valores foram transformados em kg ha^{-1} . A correção do rendimento foi feita para um grau de umidade de 13%.

3.10 PRODUTIVIDADE DA ÁGUA- WP

A produtividade da água (WP) foi determinada conforme a análise proposta por Rodrigues e Pereira (2009). WP foi definida como a razão entre o rendimento real da cultura (Ya) e o total de água utilizado (TWU), considerando os valores de irrigação e precipitação pluvial conforme a equação (8).

$$WP = \frac{Ya}{TWU} \quad (8)$$

em que: WP = produtividade da água (Kg m³); Ya = rendimento de grão (Kg ha⁻¹) e TWU = total de água utilizada pela cultura para atingir Ya, incluindo a precipitação pluvial, em m³.

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Antes de realizar a análise estatística dos dados aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk com o objetivo de avaliar os ajustes dos erros a uma distribuição aproximadamente normal. Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, seguindo o modelo de delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas. Realizou-se análise de regressão na presença de efeito significativo do fator lâmina de irrigação (quantitativo) sobre os parâmetros de crescimentos, componentes de produção e rendimento de grão. Na presença do efeito significativo do fator cultivar (qualitativo) foi realizada comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa estatístico SISVAR, versão 5,3 (FERREIRA, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

Os resultados referentes à caracterização física e química do solo da área experimental são apresentados nas Tabelas 4 e 5 respectivamente. Na Tabela 4, os valores médios percentuais de argila, silte e areia permitiram classificar a textura do solo de franco e franco-argiloso na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. Observa-se aumento do teor de argila e a diminuição de areia grossa em profundidade, também nota-se a homogeneidade na distribuição de teor de areia fina ao longo da profundidade. A densidade do solo variou de 1,11 a 1,09 g cm⁻³ e observa-se sua diminuição com aumento da profundidade devido ao teor de argila. Esses valores são considerados não restritivos ao crescimento das raízes da cultura conforme a classe textural do solo segundo as recomendações de Reichert et al. (2003). A densidade de partícula média foi de 2,58 g cm⁻³. A porosidade total variou de 56,65 a 57,63 % e observa-se aumento em profundidade devido à diminuição da densidade do solo. Considerando as condições ótimas do solo para o crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, conforme Andrade Júnior et al. (2002a) e Melo et al. (2005), pode-se inferir que as características físicas do solo analisadas foram favoráveis.

A umidade volumétrica correspondente a capacidade de campo (-33 kpa) e ponto de murcha permanente (-1500 kpa) variou de 0,288 a 0,137cm⁻³ cm⁻³ na profundidade de 0-20 cm e 0,287 a 0,121cm⁻³ cm⁻³ de 20-40 cm. O conteúdo de água disponível foi de 0,151 e 0,166 cm⁻³ cm⁻³ na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Tabela 4 - Caracterização físico-hídrico do solo da área experimental. Santa Maria, RS, 2015.

Profundidade (cm)	Granulometria (%)				Classe Textural
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
0-20	14,4	20,17	42,77	22,67	Franco
20-40	9,73	20,77	41,5	28,0	Franco- argiloso

Profundidade (cm)	Densidade (g cm ⁻³)		Uv (cm ⁻³ cm ⁻³)		Porosidade (%)
	Solo	Particula	CC	PMP	
0-20	1,11	2,57	0,288	0,137	56,65
20-40	1,09	2,59	0,287	0,121	57,93

Fonte: Laboratório de análise física de solo do Sistema Irriga. Uv: umidade volumétrica, CC = capacidade de campo a 33 kpa, PMP = ponto de murcha permanente a 1500 kpa.

Com base nos dados apresentados na Tabela 5 e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) para interpretação dos resultados pode-se constatar que em ambas profundidades o valor de pH e teores de saturação por bases (TSB) são muito baixo ($\text{pH} < 5$ e $\text{TSB} < 45$), a matéria orgânica é baixa ($< 2,5$) o fósforo (P) e potássio (K) são alto (P: 12,1 a 24 e K: 90 a 180). A saturação por alumínio é alta (> 20) na profundidade de 0-20 cm e médio (10,1 a 20) de 20-40 cm. O pH médio do solo foi de 4,7 valor esse considerado apto para o crescimento e desenvolvimento a cultura de acordo com Araújo et al. (1984). A quantidade do fósforo em ambas as profundidades foi superior ao nível crítico teórico do elemento no solo (10 mg kg^{-1}) apresentado por Andrade Júnior et al. (2002a) e Melo et al. (2005) para ótimo crescimento e desenvolvimento da cultura.

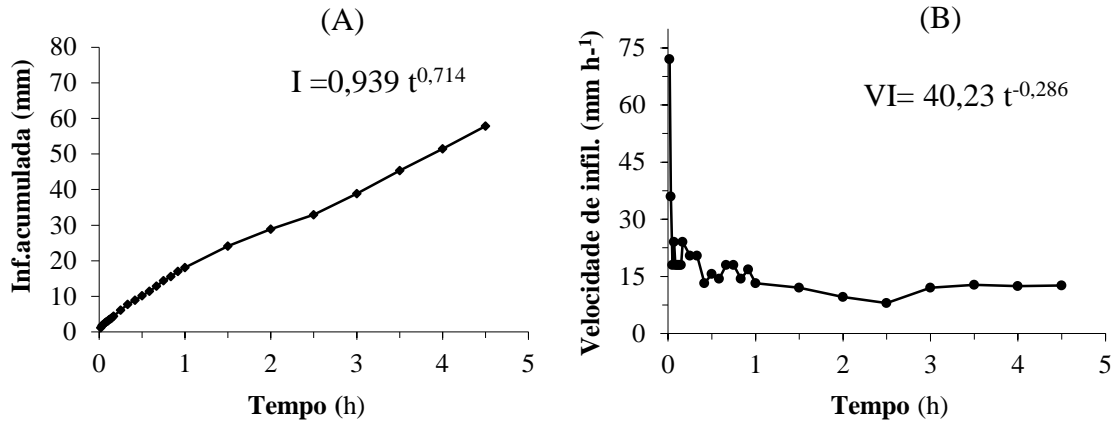
Tabela 5 - Caracterização química do solo da área experimental. Santa Maria, RS, 2015

Característica	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH H ₂ O (1:1)		4,5	4,9
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	3,2	5,3
Mg ²⁺		1,4	2,1
Al ³⁺		3,5	0,5
H ⁺ + Al ³⁺		19,4	12,3
CTC efetiva		8,4	8,7
CTCpH ₇		24,3	20,1
Saturação por alumínio		41,7	10,3
Saturação de bases	%	20	38,9
Matéria orgânica		2	2,4
K ⁺	mg dm ⁻³	140	172
P		14,4	18

Fonte: Laboratório de análise Química de solo da UFSM.

A infiltração acumulada e velocidade de infiltração básica (VIB) de água no solo da área experimental estão apresentadas na Figura 4A e 4B. A velocidade de infiltração básica de água no solo foi de 13 mm h^{-1} . Resultado semelhante foi obtido por Padrón et al. (2015). Segundo classificação proposta por Bernardo et al. (2013) a VIB do solo da área experimental é médio (5 a 15 mm h^{-1}). Ainda segundo os autores o valor da VIB está em acordo com a classe textural do solo, que é franco-argiloso, devendo estar entre $2,5$ a 20 mm h^{-1} .

Figura 4 - Infiltração acumulada (A) e velocidade de infiltração de água no solo (B) da área experimental em função ao tempo. Santa Maria, RS, 2015.



4.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS CULTIVARES

A emergência foi verificada no quinto (5^o) DAS (28 dezembro de 2014), quando mais de 50% das plantas estavam com cotilédones abertos acima da superfície do solo. As fases fenológica das cultivares estão apresentadas na Figura 5. As cultivares apresentaram um ciclo médio de 80 dias, conforme apresentado na Tabela 6. A floração (Figura 5B) teve início aos 52 DAS. Esses números de dias ultrapassam o limite de duração de ciclo, e número de dias para floração plena informado por Freire Filho et al. (2008, 2009) para cultivar BRS Novaera e BRS Potengi. Este fato pode ser explicado pela distribuição excessiva de precipitação durante a fase de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo das cultivares. Segundo Andrade Júnior et al. (2005) solos frequentemente úmidos podem favorecer o seu desenvolvimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo, prolongando assim o ciclo. Matoso et al. (2013) trabalhando com cultivar BRS Novaera, no Doutrado-MS e Botucatu-SP obtiveram o ciclo médio de 80 e 83 dias, respectivamente. Os resultados também podem estar associados à capacidade de adaptação intrínseca das cultivares às condições edafoclimáticas do local onde o estudo foi conduzido.

Constatou-se que o início da floração no tratamento testemunho ocorreu ao mesmo período em relação os outros (25, 50,75 e 100% da ETc). Segundo Pinho et al. (2005) em níveis moderados de água o feijão-caupi reduz o seu ciclo, tornando-se mais precoce e em grau severo retarda a atividade reprodutiva. Costa et al. (1997) verificaram que o déficit

hídrico adiou início de floração na cultivar Epace-10 e Setentão do feijão-caupi no tratamento sem irrigação, promovendo aumento da fase vegetativa e atraso na floração. Entretanto, no presente estudo não foi verificado esses cenários no tratamento testemunho e suplementares. Também constatou-se ligeira diferença entre as cultivares quanto ao porte de crescimento, sendo a cultivar BRS Novaera com tendência a semi-prostrada e BRS Potengi semi-ereto. Segundo Freire Filho et al. (2008, 2009) as cultivares apresentam porte semi-ereto. As diferenças observadas estão associadas à diversidade das condições edafoclimáticas do local de estudo.

Tabela 6 - Duração das fases fenológicas das cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015.

Fase fenológica	BRS Potengi	BRS Novaera
	Dias após a emergência (DAE)	
Estabelecimento ou inicial	10	
Desenvolvimento vegetativo	37	
Floração e frutificação ou reprodutivo	18	
Maturação ou final	15	
Total	80	

Figura 5 - Fases fenológicas das cultivares. A: desenvolvimento vegetativo; B e C: floração e frutificação; D: maturação. Santa Maria, RS, 2015.



Fonte: Autor

4.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

4.3.1 Temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar

A variação diária dos dados meteorológicos referente à temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa média do ar e radiação solar durante o período de condução do experimento estão apresentadas na Figura 6.

Segundo Cardoso et al. (2000) a temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi. Durante o experimento a temperatura máxima do ar variou de 24,6 a 36,2°C e mínima de 13,4 a 24,1°C. Foram registrados quinze (15) dias com temperatura mínima do ar diária inferior a 18°C, sendo a mínima encontrada de 13,4°C no dia da semeadura, um (1) dia com temperatura máxima do ar diária superior a 35°C, sendo a máxima encontrada 36,2°C ocorrido aos 21 DAS (Figura 6A). A temperatura média do ar variou de 19,1 a 30,2°C dentro da faixa ideal de 18 a 35°C para ótimo crescimento e desenvolvimento da cultura conforme as recomendações de Araújo et al. (1984) e Cardoso et al. (2000).

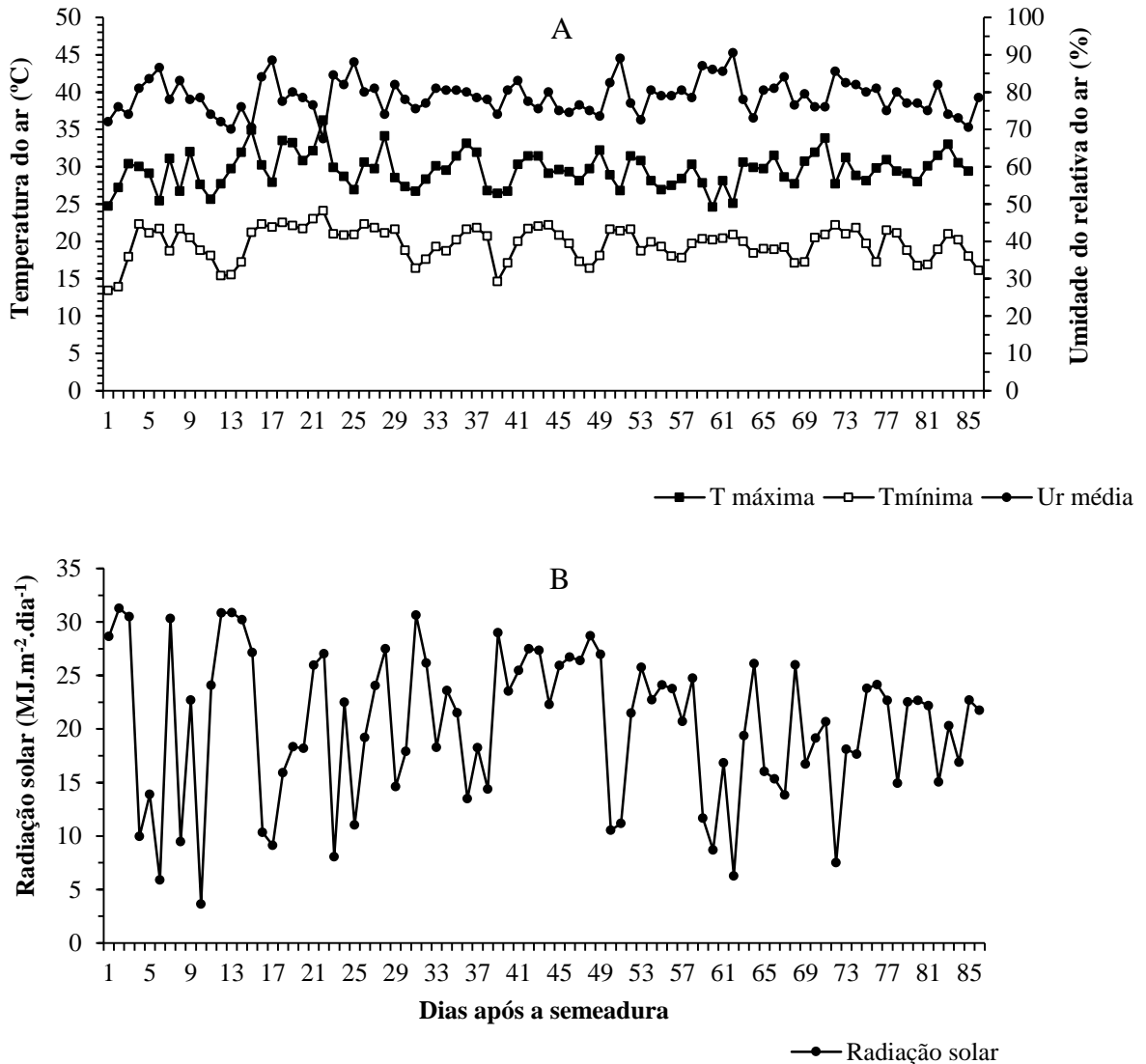
De acordo, com Araújo et al. (1984) e Pinho et al. (2005) temperatura média do ar inferior a 18°C afeta desenvolvimento vegetativo e retarda o início da floração, aumentando consideravelmente o ciclo da cultura, enquanto temperaturas elevadas (> 35°C) durante o período de florescimento exercem uma grande influência sobre o abortamento de flores, vingamento, retenção final de vagens, afetando assim o número de grão por vagem e rendimento de grão.

Quanto à umidade relativa média do ar durante o ciclo das cultivares, esta variou de 67,5 a 90,5% registrados aos 21 e 61 DAS, respectivamente. Conforme apresentado na Figura 6A pode se constatar que o período de redução dos valores de umidade relativa média do ar coincide com a elevação de temperatura máxima e mínima do ar. Durante o período de 29 a 49 DAS a variação umidade relativa média do ar foi menor oscilando entre 73,5 a 83%.

A radiação solar variou de 3,63 a 31,28 MJ m⁻² dia⁻¹ com média de 20,43 MJ m⁻² dia⁻¹ (Figura 6B). Esses valores são considerados favoráveis para crescimento da cultura. A radiação solar intervém diretamente sobre crescimento e o desenvolvimento da planta e indiretamente pelos efeitos no regime térmico, sendo fundamental na fotossíntese.

A velocidade do vento manteve-se em níveis baixos (média de 1,84 m s⁻¹, mínima de 0,85 m s⁻¹ e máxima de 2,08 m s⁻¹).

Figura 6 - Dados meteorológicos diários durante o período de condução do experimento. A: temperatura máxima, mínima do ar e umidade relativa média do ar; B: radiação solar e insolação. Santa Maria, RS, 2015.

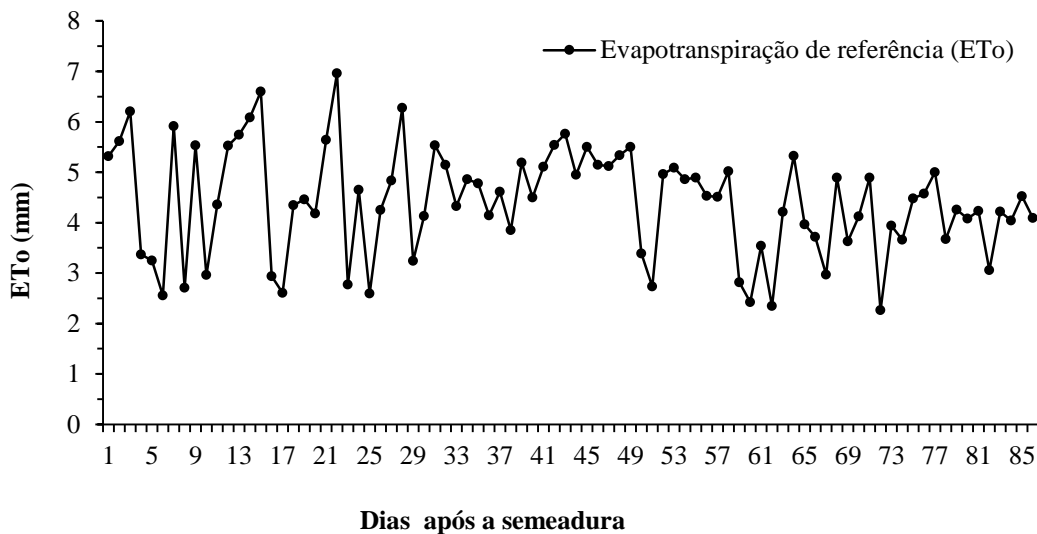


4.3.2 Evapotranspiração de referência (ET_o)

Os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) diária durante o período experimental são apresentados na Figura 7. A menor ET_o observada foi de 2,26 mm, registrado aos 71 DAS. A maior ET_o observada foi de 6,96 mm, registrado aos 21 DAS. Os menores valores de ET_o observados ocorreram em dias nublados e com chuvas, os maiores

em dias quentes e ensolarados. A ETo média durante o período de condução do experimento foi de $4,41 \text{ mm.dia}^{-1}$ e acumulada de $379,49 \text{ mm}$.

Figura 7 - Valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) durante o período de condução do experimento. Santa Maria, RS, 2015



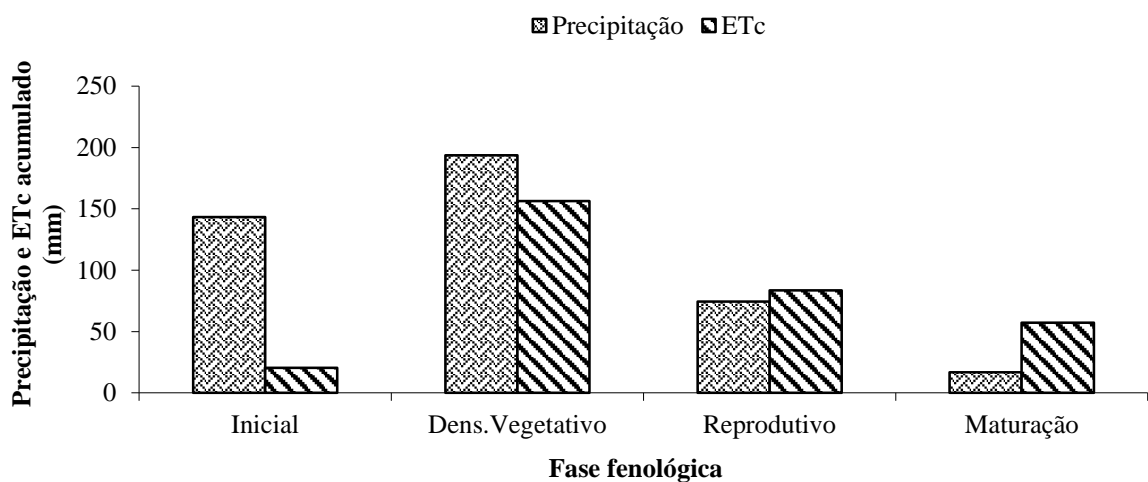
4.3.3 Precipitação e evapotranspiração da cultura

A precipitação pluviométrica acumulada observada na estação meteorológica desde a semeadura até a colheita foi de 428 mm , com distribuição regular durante o ciclo das cultivares. Resultado similar foi obtido por Soares (2010) testando diferentes lâminas de irrigação na cultura do milho em Jaguari, RS obtendo durante o ciclo da cultura 430 mm . A precipitação pluviométrica acumulada foi assim distribuída em função as fases fenológicas das cultivares: 143 mm (33%) da semeadura até a fase inicial ou de estabelecimento; 193 mm (45%) durante desenvolvimento vegetativo, 74 mm (17%) na reprodutiva e 16 mm (4%) no período de maturação (Figura 8).

A precipitação efetiva acumulada foi de 321 mm , quantidade de água essa superior a mínima de precipitação (300 mm) exigida pela cultura sem a necessidade de utilização da prática de irrigação (CARDOSO et al., 2000). A necessidade hídrica da cultura segundo

Andrade Júnior et al. (2002a) varia de 300-450 mm durante o ciclo. O total da precipitação efetiva verificado durante o experimento é próximo aos valores recomendados para a cultura. Segundo Cardoso et al. (2000) as limitações hídricas da cultura estão mais relacionadas à distribuição da precipitação do que à quantidade total ocorrida durante o ciclo.

Figura 8 - Precipitação e evapotranspiração da cultura acumulada em cada fase fenológica das cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015



A evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada durante o período do experimento foi de 317 mm. Esse valor foi menor que precipitação efetiva acumulada. Esse resultado de certa forma contribui para o não registro de restrições hídricas nos tratamentos, garantindo assim ótimo crescimento e desenvolvimento das cultivares nas diferentes fases fenológicas. Os menores valores de ETc diário foram verificados em dias nublados e com chuvas que certa forma contribui na duração das fases fenológicas das cultivares.

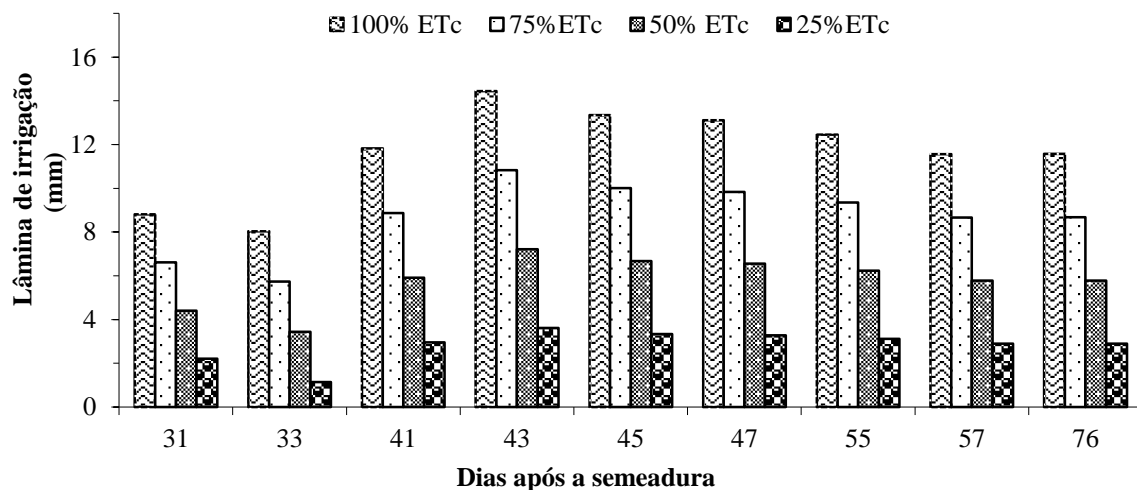
Os valores de ETc acumulado na fase inicial (20 mm), desenvolvimento vegetativo (156 mm) e maturação (57 mm) foram menor que valores de precipitação registrado. Na fase reprodutiva a ETc acumulado (83 mm) foi maior que valor de precipitação (Figura 8). Entretanto a distribuição de precipitação durante a fase reprodutiva, principalmente no período crítico da cultura ao déficit hídrico (estádio de floração e enchimento de grãos) foi regular, tendo contribuído assim para não o registro de restrições hídricas.

4.4 MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Durante o experimento realizou-se nove irrigações das quais seis foram aplicadas na fase de desenvolvimento vegetativo, duas durante a floração e frutificação e uma no início de maturação. As irrigações foram efetuadas aos 31, 33, 41, 43, 45, 47, 55, 57 e 67 DAS, respectivamente. Da semeadura aos 30 DAS, não se realizou irrigação devido a ocorrência de precipitação no total de 245 mm, o que garantiu a germinação e o desenvolvimento inicial das cultivares. Esses resultados corroboram com a literatura que justifica o uso de irrigação para Rio Grande do Sul, de forma suplementar face a distribuição de precipitação ao longo das quatro estações do ano, com somas anuais variando de 1000 a 2400 mm (BURIOL et al., 1977). Carlesso e Zimmermann (2005) relatam que as precipitações pluviais no Estado, normalmente são bem distribuídas e atendem às necessidades das culturas de lavoura, podendo ocorrer, em algumas vezes períodos de estiagem, que ocasionam perdas parciais ou totais da produção

A lâmina bruta de água aplicada no dia em que foi efetuada irrigação correspondente ao percentual da ETc de cada tratamento é apresentada na Figura 9. As aplicações dos tratamentos resultaram nas seguintes lâminas totais de irrigação: 25, 52, 78 e 105 mm de água correspondendo respectivamente, a 25, 50, 75 e 100% da ETc para as duas cultivares.

Figura 9 - Lâmina de água aplicada no dia em que foi efetuada a irrigação para os tratamentos de 100, 75, 50 e 25% da ETc. Santa Maria, RS, 2015.



Os valores totais da evapotranspiração da cultura, lâmina de irrigação aplicada, precipitação efetiva acumulada encontram-se na Tabela 7. Constata-se que os valores de lâmina de irrigação aplicada + precipitação efetiva acumulada em cada tratamento estão na faixa de 300-450 mm, como necessidade hídrica da cultura apresentado por Andrade Júnior et al. (2002a). A diferença entre o tratamento que recebeu a maior lâmina de irrigação (100% da ETc) e testemunho foi de 105 mm.

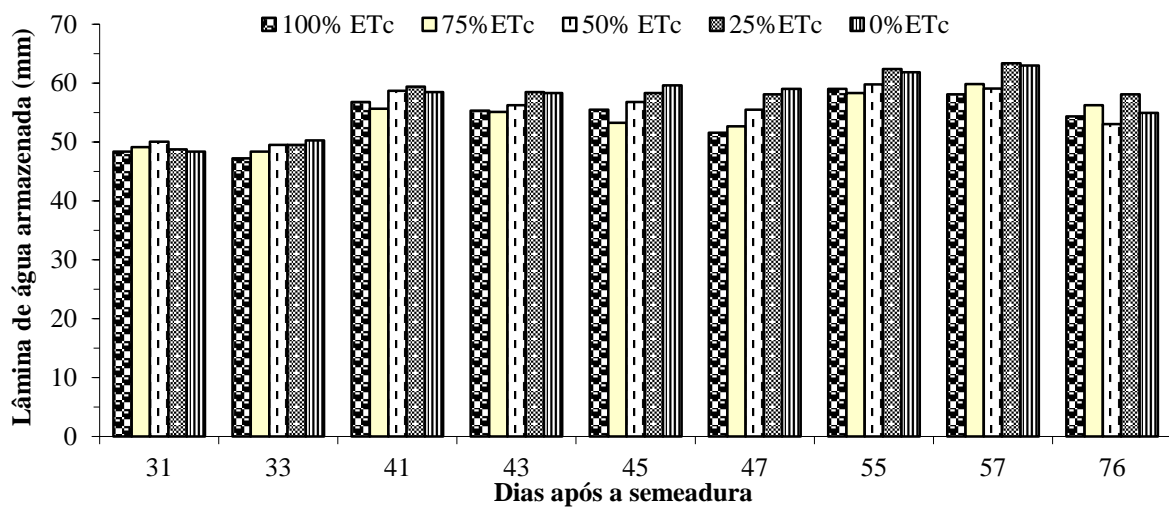
Tabela 7 - Valores totais da evapotranspiração da cultura acumulada, lâmina de irrigação aplicada (LIA), precipitação efetiva acumulada (Pe), lâmina de irrigação aplicada + precipitação efetiva acumulada (LIAPe) e número de irrigações efetuados (Nir) em cada tratamento. Santa Maria, RS, 2015.

Tratamento (% ETc)	ETc	LIA	Pe	LIAPe	Nir
			mm		
0		-		321	-
25		25		346	
50	317	52	321	373	9
75		78		399	
100		105		426	

A lâmina de água armazenada no solo na profundidade de 0-20 cm no dia em que foi efetuada a irrigação para cada tratamento está apresentada na Figura 10. Observa-se que houve mínima variação da lâmina de água armazenada no solo entre os tratamentos aplicados para cada dia em que foi efetuada a irrigação, demonstrando que as subparcelas possuíam condições de umidade similares. Esses resultados estão associados à ocorrência precipitação, que de certa forma acaba uniformizando o conteúdo de água em cada subparcela e parcela que teria recebido determinado tratamento. Também os resultados podem ser explicados pelas características físicas da área experimental, na qual foi constatado o aumento do teor de argila e diminuição de areia grossa em profundidade o que possibilita a manutenção da umidade do solo, bem como o acúmulo das lâminas aplicadas. Resultados semelhantes foram relatados por Andrade Júnior et al. (2000), que observaram menor variação de teor de umidade volumétrica do solo na camada de 0-25 cm entre as lâminas de irrigação em Teresina, PI, devido ao tipo do solo utilizado (Neossolos Flúvicos) que possuía maior teor de argila consequentemente, maior capacidade de retenção de água. Os resultados diferem aos obtidos

por Bastos et al. (2012) e Ramos et al. (2014) onde constataram que o conteúdo de água no solo na camada de 0-20 cm variou de forma significativa, onde o conteúdo de água no solo manteve-se sempre elevado com a aplicação da maior lâmina de irrigação e decresceu com a aplicação das lâminas menores.

Figura 10 - Variação da lâmina de água armazenada no solo (mm) na profundidade 0-20 cm no dia em que foi efetuada a irrigação para os tratamentos. Santa Maria, RS, 2015.



4.5 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

As análises de variância referente aos parâmetros de crescimento: altura da planta (cm), índice da área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$), massa seca da parte aérea (g) aos 38, 45 e 52 DAS em função do fator lâmina de irrigação, cultivar e sua interação são apresentados nos Apêndices B, C, D, E, F, G, H, I e J, respectivamente. Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados relativos aos parâmetros de crescimento. Verificou-se que as lâminas de irrigação apresentaram efeito significativo somente para massa seca da parte aérea (MSPA) aos 45 DAS. As cultivares apresentaram diferenças significativas entre si em MSPA para todos os dias avaliados e área foliar somente aos 45 e 52 DAS. A interação entre os dois fatores (lâmina de irrigação e cultivar) não foi significativa em nenhum dos parâmetros de

crescimento analisado. A ausência da interação sugere que o comportamento das cultivares foi semelhante nas diferentes lâminas de irrigação para as variáveis de crescimento analisadas.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente aos parâmetros de crescimento: altura de planta, índice da área foliar, massa seca da parte aérea aos 38, 45 e 52 DAS em função do fator lâmina de irrigação, cultivar e sua interação. Santa Maria, RS, 2015.

FV	GL	Quadrado médio ¹		
		Altura de planta (cm)		
		DAS		
		38	45	52
Bloco	3	22,61	22,09	27,25
Lâmina	4	2,02 ^{ns}	10,33 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Resíduo1	12			
Cultivar	1	0,38 ^{ns}	0,25 ^{ns}	4,76 ^{ns}
Lâmina*Cultivar	4	0,57 ^{ns}	8,24 ^{ns}	1,78 ^{ns}
Resíduo 2	15			
CV1 (%)		3,24	3,61	1,92
CV2 (%)		3,8	5,39	2,95
		Índice da área foliar (cm ² cm ²)		
Bloco	3	0,000123	0,0018	0,0077
Lâmina	4	0,000415 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,00021 ^{ns}
Resíduo1	12			
Cultivar	1	0,000423 ^{ns}	0,00333*	0,000088*
Lâmina*Cultivar	4	0,000435 ^{ns}	0,000096 ^{ns}	0,00007 ^{ns}
Resíduo 2	15			
CV1 (%)		10,47	7,04	5,42
CV2 (%)		10,38	4,12	6,69
		Massa seca da parte aérea (g)		
Bloco	3	625,67	6997	3197
Lâmina	4	1500 ^{ns}	1020*	808 ^{ns}
Resíduo1	12			
Cultivar	1	1265*	1306*	3576*
Lâmina*Cultivar	4	1739 ^{ns}	383 ^{ns}	306 ^{ns}
Resíduo 2	15			
CV1 (%)		10,36	7,03	5,36
CV2 (%)		9,92	5,1	6,63

1 ns: Não significativo ($p > 0,05$) * Significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F. FV = Fontes de variação; GL = Grau de liberdade. CV1 e CV2: Coeficientes de variação do fator lâmina de irrigação (1) e cultivar (2) alocados na parcela principal e subparcela, respectivamente.

Esses resultados estão associados à ocorrência de precipitação durante a fase de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo (336 mm), que certa forma contribui para o não registro de restrições hídricas nos tratamentos, devido à uniformização de conteúdo de água nas subparcelas e parcelas depois da ocorrência de chuva. Também os resultados podem estar associados às características físicas da área experimental, devido o aumento do teor de argila em profundidade o que possibilitou por maior período a manutenção da umidade de solo, bem como o acúmulo das lâminas aplicadas, associado à raiz pivotante e profundidade efetiva do sistema radicular da cultura de 0,3 m (STONE; SILVEIRA, 1995). Segundo Taiz e Zeiger (2004) a manutenção da umidade do solo proporciona estabelecimento do potencial hídrico foliar e por consequência da turgescência das células guardas dos estômatos, resultando no aumento do crescimento foliar.

Os resultados encontrados no presente estudo, foram semelhantes aos obtidos por Andrade Júnior et al. (2000), no município de Teresina, PI, que constataram as plantas submetidas ao tratamento de maior lâmina de irrigação (428 mm) apresentaram a área foliar e massa seca total similar ao tratamento de menor lâmina (200 mm). Segundo autores os resultados estão associados ao tipo de solo utilizado que possuía maior teor de argila consequentemente, maior capacidade de retenção de água. Corroboram também com estes resultados, Toureiro et al. (2007) avaliando resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes cenários de irrigação deficitária (limite ótimo, 10 e 30% do ótimo) em Portugal, constaram que altura de plantas, área foliar e massa seca da parte aérea (MSPA) não foram influenciados pelo regime hídrico e a interação não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. Segundo autores citados, os resultados estão associados à disponibilidade hídrica no solo durante o período crítico das culturas que foi fator determinante. Torres (2014) também constatou que as lâminas de irrigação (0, 50, 75 e 100% da ETc) não influenciaram, altura de planta, área foliar, MSPA e a interação não foi significativa para nenhuma das variáveis analisada, quando avaliou a resposta da cultura do girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar na região de Alegrete, RS. Segundo autor citado, os resultados são atribuídos ao excesso hídrico causado pela precipitação excessiva durante o período de desenvolvimento da cultura. Ferreira et al. (1991), no município de Fortaleza-CE, constataram que as limitações na disponibilidade de água no solo não foram capazes de induzir reduções significativas em MSPA e área foliar em duas cultivares do feijão-caupi. Mendes et al. (2007) no mesmo local também constaram efeito não significativo em área foliar e MSPA aplicando déficit hídrico na fase vegetativa, em duas

cultivares de feijão caupi. Entretanto, os resultados encontrados diferem dos obtidos por Andrade Júnior et al. (2014), no município de Bom Jesus-PI que constataram efeito significativo das lâmina de irrigação sobre altura da planta, área foliar e massa seca total nas cultivares do feijão-caupi. Nóbrega et al. (2001), em Lagoa Seca-PB, também constataram efeito significativo das lâmina de irrigação para mesmas variáveis para feijão-comum.

Os valores médios referentes aos parâmetros de crescimento em função do fator lâmina de irrigação são apresentados na Tabela 9. Na Tabela 10 é apresentada comparação de médias dos parâmetros de crescimento em função do fator cultivar.

Tabela 9 - Valores médios referentes aos parâmetros de crescimento das cultivares do feijão-caupi: altura da planta (cm), índice da área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$), massa seca da parte aérea (g) aos 38, 45 e 52 DAS em função do fator lâmina de irrigação. Santa Maria, RS, 2015.

		Altura da planta (cm)				
DAS	Cultivar	Tratamento (% ETc)				
		0	25	50	75	100
38	BRS Potengi	46,1	46,8	46,8	46,5	46,9
	BRS Novaera	45,2	47,0	46,2	46,9	46,7
45	BRS Potengi	54,2	53,9	54,0	54,5	54,6
	BRS Novaera	51,1	55,5	53,4	56,2	55,8
52	BRS Potengi	61,1	61,3	61,8	61,6	61,5
	BRS Novaera	60,9	62,7	61,3	62,9	62,9
		Índice da área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$)				
DAS	Cultivar	Tratamento (% ETc)				
		0	25	50	75	100
38	BRS Potengi	0,195	0,205	0,192	0,200	0,177
	BRS Novaera	0,217	0,197	0,190	0,197	0,200
45	BRS Potengi	0,198	0,198	0,181	0,195	0,198
	BRS Novaera	0,222	0,210	0,207	0,213	0,209
52	BRS Potengi	0,179	0,187	0,174	0,176	0,180
	BRS Novaera	0,218	0,210	0,203	0,203	0,212
		Massa seca da parte aérea (g)				
DAS	Cultivar	Tratamento (% ETc)				
		0	25	50	70	100
38	BRS Potengi	20,4	22,7	21,3	22,4	23,3
	BRS Novaera	23,6	26,0	27,6	29,3	26,1
45	BRS Potengi	22,3	24,4	28,8	28,3	32,7
	BRS Novaera	30,3	34,7	37,3	37,8	33,5
52	BRS Potengi	29,4	29,0	32,1	33,3	29,6
	BRS Novaera	43,7	43,6	44,2	42,3	43,2

Tabela 10 - Valores médios referente aos parâmetros de crescimento em função do fator cultivar. Santa Maria, RS, 2015.

Parâmetros de crescimento	Cultivar	DAS		
		38	45	52
Altura da planta (cm)	BRS Potengi	46,6a*	54,2a	61,4a
	BRS Novaera	46,4a	54,4a	62,1a
Área foliar (cm ² cm ⁻²)	BRS Potengi	0,194a	0,195a	0,197a
	BRS Novaera	0,200a	0,212b	0,219b
Massa seca da parte aérea (g)	BRS Potengi	22,3a	27,3a	30,7a
	BRS Novaera	26,5b	34,7b	43,4b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5.1 Altura de planta

Observa-se na Tabela 10 que os valores médios de altura da planta não diferem estatisticamente entre as cultivares em nenhuma das datas de avaliação efetuadas. Esse resultado provavelmente está associado ao hábito de crescimento das cultivares. Em relação as lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios da variável em análise não diferem estatisticamente entre si em nenhuma das datas de avaliação efetuadas, tendo variado de 46 a 62 cm e 45 a 63 cm para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Tabela 9). Os resultados obtidos estão de acordo com Dutra et al. (2013), Gomes et al. (2012), Toureiro et al. (2007) e Torres (2014), mas diferem dos encontrados por Andrade Júnior et al. (2014) que constataram diferenças significativas com aplicação de lâmina de irrigação.

4.5.2 Índice da área foliar

Os valores médios da área foliar diferem estatisticamente entre as cultivares aos 45 e 52 DAS (Tabela 10). Resultados semelhantes foram constatados por Maia et al (2013) e Costa et al. (1997). A cultivar BRS Novaera apresentou maior área foliar em relação BRS Potengi. Essa diferença está associada à forma do folíolo central. Segundo Freire Filho et al. (2008) a cultivar BRS Novaera apresenta o folíolo central semi-lanceolada. Em relação as lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios da variável em análise não diferem

estatisticamente entre si em nenhuma das datas de avaliação efetuadas, tendo variado de 0,174 a 0,204 cm² cm² e 0,189 a 0,222 cm² cm² para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Tabela 9). Os resultados obtidos estão de acordo com Ferreira et al. (1991), Mendes et al. (2007), Toureiro et al. (2007), e Torres (2014), mas diferem dos encontrados por Andrade Júnior et al. (2014) e Nóbrega et al. (2004) que constataram diferenças significativas com aplicação de lâmina de irrigação.

4.5.3 Massa seca da parte aérea

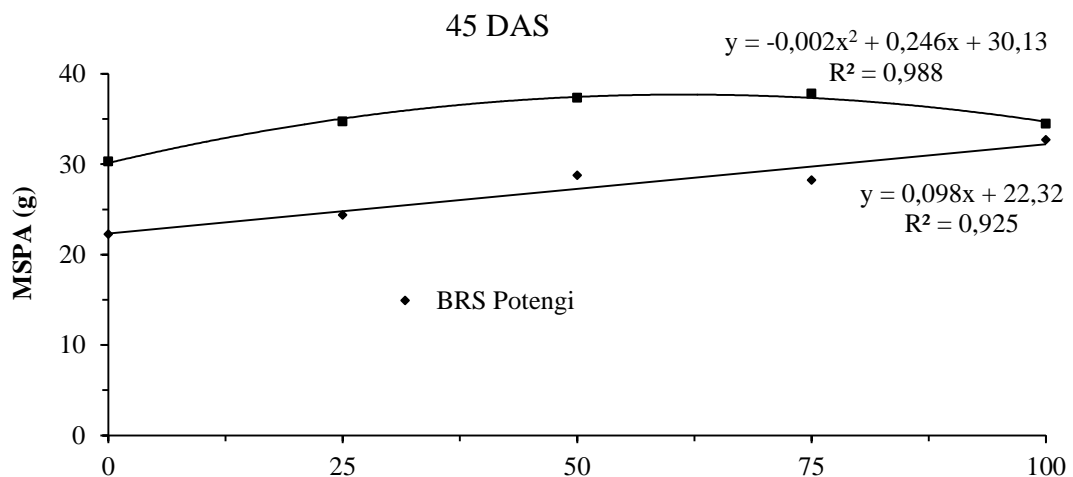
Os valores médios da massa seca da parte (MSPA) diferem estatisticamente entre as cultivares para todos os dias avaliados (Tabela 10). Resultados semelhantes foram constatados por Maia et al. (2013) e Costa et al. (1997). A cultivar BRS Novaera apresentou maior MSPA em relação BRS Potengi para todos os dias. Essa diferença está associada ao porte de crescimento visto que neste estudo constatou-se que a cultivar BRS Novaera teve tendência semi-prostrada e BRS Potengi semi-ereto. Também o resultado pode estar associado a maior área foliar apresentada pela cultivar BRS Novaera.

Quanto as lâminas de irrigação verificou-se que valores médios da MSPA diferem estatisticamente entre si aos 45 DAS em ambas cultivares. Esse resultado parece incoerente, pois que nesse dia, a área foliar e altura da planta não foram afetadas pelas lâminas de irrigação. Situação similar foi constatado por Torres (2014) quando teve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre diâmetro do caule na cultura de girassol aos 19 e 33 DAE, sem no entanto ter verificado efeito significativo sobre a área foliar, altura de planta e MSPA para os mesmos dias. Segundo autor citado, os resultados não corresponderam a interferência causada pelos tratamentos, devido a posterior inexistência desta diferença nas avaliações subsequente. Mendes et al. (2007) constaram modificações na relação: produção sementes/área foliar, sem, no entanto, ter verificado efeitos significativos dos tratamentos (déficit hídrico na fase vegetativa e reprodutiva) sobre a área foliar. Segundo os mesmos autores, os resultados sintetizam às reduções ocorridas na capacidade fotossintética das folhas nos tratamentos.

Resalvar que avaliação dessa variável, aos 45 DAS foi antecedida por um período de setes dias consecutivos sem ocorrência de chuva, após a primeira mensuração efetuada aos 38 DAS. Resultado encontrado provavelmente está associado a esse fato. Assim, para esse dia, o feito médio das lâminas de irrigação ajustou-se ao modelo de regressão polinomial quadrático,

para cultivar BRS Noavera e linear em BRS potengi conforme (Figura 11) conforme apresentado no Apêndice P. Para 38 e 52 DAS (Tabela 9) a variável em análise não foi afetada significativamente pelas lâminas de irrigação devido à ocorrência de precipitação que foi registrada aos 34, 35, 36, 37 e 49 DAS. Esses resultados estão coerentes, pois nessas datas a área foliar e altura de planta não foram afetadas pelas lâminas de irrigação. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade Júnior et al. (2005) e Arf et al. (2004).

Figura 11 - Massa seca da parte aérea (MSPA) em função do fator lâmina de irrigação para as duas cultivares do feijão-caupi aos 45 DAS. Santa Maria, RS, 2015.



4.6 COMPONENTE DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO DO GRÃO

As análises de variância referente aos componentes de produção e rendimento de grão das cultivares do feijão-caupi são apresentados nos Apêndices K, L, M, N e O, respectivamente. Na Tabela 11 encontra-se o resumo da análise de variância dos dados relativos aos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G) e Rendimento de grão (RG). Os resultados revelam que as lâminas de irrigação não tiveram efeitos significativos sobre componentes de produção e rendimento de grão para as duas cultivares. As cultivares apresentaram diferenças significativas entre si em todos os componentes de

produção e no rendimento de grão. A interação entre os dois fatores (lâmina de irrigação e cultivar) não foi significativa em nenhuma das variáveis analisadas. A ausência da interação sugere que o comportamento das cultivares foi semelhante nas diferentes lâminas de irrigação para as variáveis analisadas. Os coeficientes de variação (<10%) indicam em geral, que houve boa precisão.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância (Quadrados médios) referente aos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G) e rendimento de grão (RG) em função do fator lâmina de irrigação, cultivar e sua interação. Santa Maria, RS, 2015

FV	GL	Quadrado médio ¹				
		NVP	CV (cm)	NGV	P100G (g)	RG (kg ha ⁻¹)
Bloco	3	9,76	0,91	0,37	0,28	19052,55
Lâmina	4	10,6 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,12 ^{ns}	5647,92 ^{ns}
Resíduo 1	12					
Cultivar	1	409,6*	106,76*	78,4*	1,8*	28747,83*
Lâmina*Cultivar	4	7,1 ^{ns}	4,34 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,33 ^{ns}	507,91 ^{ns}
Resíduo 2	15					
CV1 (%)		9,01	5,05	5,84	2,41	4,47
CV2 (%)		7,9	6,2	6,22	2,06	3,26

1 ns: Não significativo ($p > 0,05$) * Significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F. FV = Fontes de variação; GL = Graus de liberdade. CV1 e CV2: Coeficientes de variação do fator lâmina de irrigação (1) e cultivar (2) alocados na parcela principal e subparcela, respectivamente.

Esses resultados estão associados à ocorrência precipitação (74 mm) durante a fase de floração e frutificação principalmente no estágio de floração e enchimento de grãos das cultivares, que de certa forma acaba de uniformizar o conteúdo de água nos tratamentos, não registrando assim restrições hídricas durante o período crítico da cultura. Resultados encontrados também podem estar associados às características físicas da área experimental, devido o aumento do teor de argila e diminuição de areia grossa em profundidade o que possibilita maior período com manutenção da umidade do solo, bem como o acúmulo das lâminas aplicadas, associado à raiz pivotante e profundidade efetiva de sistema radicular da cultura de 0,3 m (STONE; SILVEIRA, 1995). Esses resultados, também podem estar associados ao fato da área foliar não ter sido influenciado significativamente pelas lâminas de

irrigação durante a fase de desenvolvimento vegetativo. Segundo Nascimento et al. (2011) a redução na área foliar é um dos principais mecanismos de adaptação da cultura a restrição hídrica.

Os resultados encontrados no presente estudo foram semelhantes aos obtidos por Andrade Júnior et al. (2000), no município de Teresina, PI, que constataram as lâminas de irrigação, não apresentaram efeito significativo nos componentes de produção e rendimento de grão na cultivar BR-14 Mulato e BR-17 Gurguéia. Segundo autores os resultados estão associados ao tipo de solo utilizado que possuía maior teor de argila conseqüentemente, maior capacidade de retenção de água. Corroboram também com estes resultados do experimento, Neto et al. (2013), no semiárido brasileiro, que constataram que as lâminas de irrigação, não apresentaram efeito significativo nos componentes produção e rendimento de grão seco na cultivar Tumucumaque do feijão-caupi. Locatelli et al. (2014) no cerrado de Roraima, também verificaram que as lâminas de irrigação não influenciaram nos componentes de produção e rendimento de grão da cultivar BRS Pajeú. Ferreira et al. (1991), constataram que o déficit hídrico aplicado na fase vegetativa e reprodutiva não foi capaz de induzir reduções significativas nos componentes de produção e rendimento de grão em cultivares do feijão-caupi. Entretanto, esses resultados divergem dos obtidos por Nascimento et al. (2004), que constaram diferenças significativas entre os tratamentos (níveis de água disponível no solo) em todos os componentes de produção e rendimento de grãos na cultivar IPA 206 do feijão-caupi.

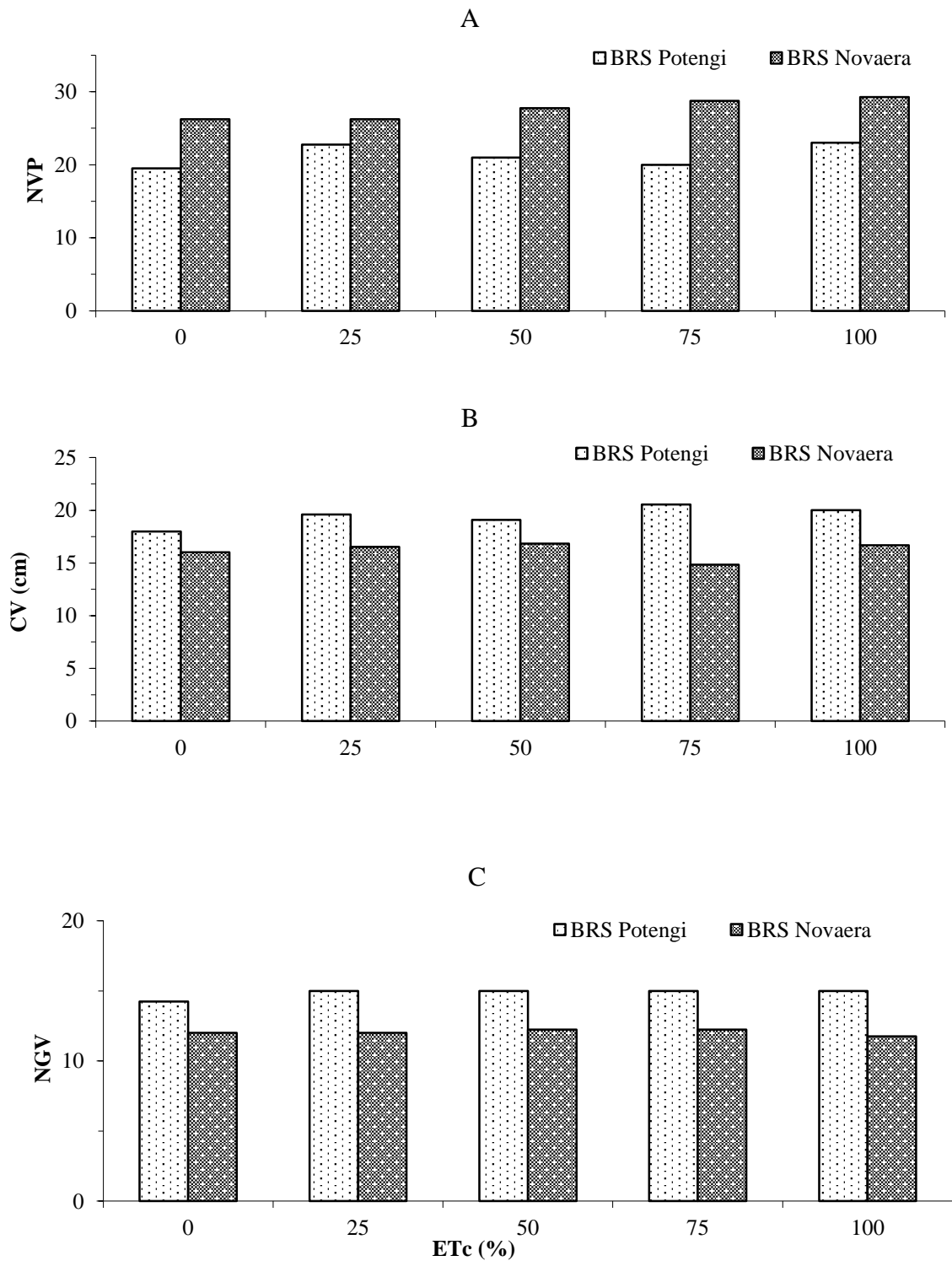
A comparação de médias dos componentes de produção e rendimento de grão em função do fator cultivar é apresentada na Tabela 12. Os valores médios dos componentes de produção e rendimento de grão em função do fator lâmina de irrigação encontram-se na Figura 13.

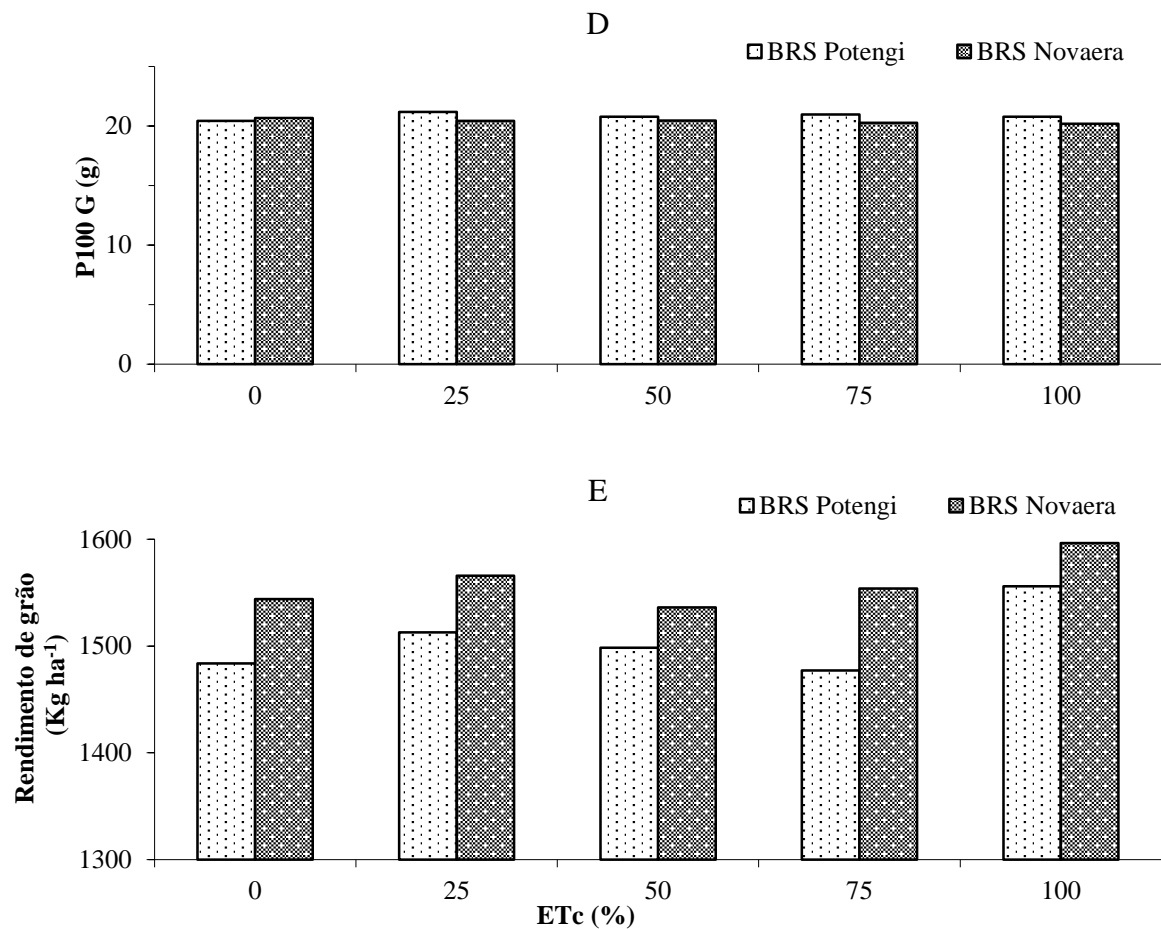
Tabela 12 - Valores médios referentes aos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G) e rendimento de grão (RG) em função do fator cultivar. Santa Maria, RS, 2015

Cultivar	NVP	CV (cm)	NGV	P100G (g)	RG (Kg ha⁻¹)
BRS Potengi	21,3a*	19,5b	14,8b	21,8b	1505,1a
BRS Novaera	27,7b	16,2a	12,1a	20,4a	1559,2b

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Figura 12 - Componentes de produção: número de vagens por planta-NVP (A), comprimento de vagem-CV (B), número de grãos por vagem-NGV (C), peso de 100 grãos-P100G (D) e rendimento de grão-(E) em função do fator lâmina de irrigação para as duas cultivares do feijão-caupi. Santa Maria, RS, 2015.





4.6.1 Número de vagens por planta

Observa-se na Tabela 12 que os valores médios de número de vagens por planta (NVP), diferem estatisticamente entre as cultivares. A cultivar BRS Novaera apresentou maior NVP (27) em relação BRS Potengi (21). Essa diferença está relacionada ao porte de crescimento visto que neste estudo constatou-se que a cultivar BRS Novaera teve tendência semi-prostrada e BRS Potengi semi-ereto. Também o resultado está associado a maior área foliar e massa seca apresentada pela cultivar BRS Novaera. Locatelli et al. (2014) obtiveram NVP de 22 para cultivar BRS Novaera. Silva et al. (2014) no município Vitória da Conquista, Bahia, obtiveram NVP de 17 para cultivar BRS Potengi.

Em relação as lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios de NVP não diferem estatisticamente entre si, tendo variado entre 20 a 23 e 26 a 29 para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Figura 12A). Resultados semelhantes foram

obtidos por Ferreira et al. (1991), Bezerra et al. (2003), Azevedo et al. (2011) e Lima et al. (2012). Entretanto, os resultados diferem dos obtidos por Andrade Júnior et al. (2002b), Oliveira et al. (2011), Gomes et al. (2012), Tagliaferre et al. (2013), Locatelli et al. (2014) e Ramos et al. (2014), que encontraram diferenças significativas nesse componente de produção com aplicação de lâmina de irrigação.

4.6.2 Comprimento de vagem

Os valores médios de comprimento de vagem (CV) diferem estatisticamente entre as cultivares (Tabela 12). A cultivar BRS Potengi apresentou maior CV (19 cm) em relação BRS Novaera (16 cm). Essa diferença está relacionada às características genóticas das cultivares. Estes valores foram superiores aos apresentados por Freire Filho et al. (2008, 2009) em ensaio de adaptação e uso dessas cultivares. Oliveiras et al. (2011) obtiveram CV de 14 cm para cultivar BRS Novaera. Santos et al. (2013) obtiveram CV de 16 cm para cultivar BRS Potengi.

Quanto as lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios de CV não diferem estatisticamente entre si, tendo variado entre 18 a 20 cm e 16 a 17 cm para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Figura 12B). Resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (1991), Costa et al. (1997), Andrade Júnior (2002b), Bezerra et al. (2003), Mendes et al. (2007), Oliveira et al. (2011), Gomes et al. (2012) e Tagliaferre et al. (2013). No entanto, os resultados diferem dos obtidos por Nascimento et al. (2004) e Azevedo et al. (2011), que constataram diferenças significativas nessa variável entre as lâminas de irrigação e níveis de água disponível no solo, respectivamente. Segundo Ferreira et al. (1991) e Oliveira et al. (2003), esse componente de produção resiste normalmente às modificações induzidas por estresse ambiental devido a sua característica de alta herdabilidade genética.

4.6.3 Número de grãos por vagem

Os valores médios de número de grãos por vagem (NGV) diferem estatisticamente entre as cultivares (Tabela 12). A cultivar BRS Potengi apresentou maior NGV (15) em

relação BRS Novaera (12). Essa diferença está relacionada ao comprimento de vagem das cultivares. Estes valores foram superiores aos apresentados por Freire Filho et al. (2008, 2009) em ensaio de adaptação e uso dessas cultivares. Oliveiras et al. (2011) e Locatelli et al. (2014) trabalhando com a cultivar BRS Novaera obtiveram NGV de 10 e 11 respectivamente. Santos et al. (2013) e Silva et al. (2014) trabalhando com a cultivar BRS Potengi obtiveram NGV de 13 e 12, respectivamente.

Em relação as lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios de NGV não diferem estatisticamente entre si, tendo variado entre 14 a 15 e 11 a 12 para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Figura 12C). Resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (1991), Arf et al. (2004), Mendes et al. (2007), Oliveira et al. (2011), Azevedo et al. (2011) e Locatelli et al. (2014). Esses resultados estão associado ao fato de comprimento de vagem não ter sido influenciado significativamente pelas lâminas de irrigação. Segundo Oliveira et al. (2003), número de grãos por vagem é indiretamente influenciado quando ocorrem mudanças no comprimento de vagem, pois é previsível uma relação estreita entre esses dois componentes de produção. Segundo Ferreira et al. (1991) NGV resiste normalmente às modificações induzidas por estresse ambiental. Entretanto, os resultados divergem dos obtidos por Andrade Júnior et al. (2002b), Gomes et al. (2012) e Tagliaferre et al. (2013), que encontraram diferenças significativas no NGV com aplicação de lâmina de irrigação.

4.6.4 Peso de 100 grãos

Os valores médios de peso de 100 grãos (P100G) diferem estatisticamente entre as cultivares (Tabela 12). A cultivar BRS Potengi apresentou maior P100G (21,8 g) em relação BRS Novaera(20,4g). Essa diferença está relacionada ao tamanho dos grãos, que influencia diferencialmente no peso singular de cada grão. Estes valores foram semelhantes aos apresentados por Freire Filho et al. (2008, 2009). Oliveiras et al. (2011) e Locatelli et al. (2014) trabalhando com a cultivar BRS Novaera obtiveram P100G de 22 g Santos et al. (2013) e Silva et al. (2014) trabalhando com a cultivar BRS Potengi obtiveram P100G de 21 e 23 g, respectivamente.

Quanto aos efeitos das lâminas de irrigação também constatou-se que os valores médios de P100G não diferem estatisticamente entre si, tendo variado entre 20 a 21 g e 20 g

para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Figura 12D). Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (1997), Ferreira et al. (1991), Bezerra et al. (2003), Arf et al. (2004), Mendes et al. (2007) e Ramos et al. (2014). Segundo Mendes et al. (2007) P100G reflete a relação entre fonte e dreno, quando ela não é reduzida indica que a produção não foi limitada na fonte. Segundo Oliveira et al. (2003) esse componente é indiretamente influenciado quando ocorrem mudanças no número de vagens por planta. Entretanto, os resultados diferem dos obtidos por Andrade Júnior et al. (2002b), Oliveira et al. (2011) Gomes et al. (2012), Tagliaferre et al. (2013) e Locatelli et al. (2014), que encontraram efeito significativo nesse componente de produção com aplicação de lâmina de irrigação.

4.6.5 Rendimento de grão

Quanto aos efeitos das cultivares sobre rendimento de grão verificou-se diferença significativa entre as médias (Tabela 12). Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade Costa et al. (1997), Andrade Júnior et al. (2002b), Locatelli et al. (2014) e Ramos et al. (2014). A cultivar BRS Novaera apresentou maior rendimento de grão (1559 kg ha^{-1}) em relação BRS Potengi (1505 kg ha^{-1}), devido ao melhor desempenho quanto ao número de vagem por planta (NVP), apesar de comprimento de vagem, número de grão de vagem e peso de 100 grãos terem sido inferiores aos da cultivar BRS Potengi. Resultado similar foi observado por Andrade Júnior et al. (2002b). Esse resultado está concordante com a literatura que afirma o componente de produção (NVP) é que mais contribui no rendimento (LIMA, 1996; LEMOS et al. 2004). Também o resultado está associado a maior área foliar e massa seca apresentada pela cultivar BRS Novaera.

Oliveira et al. (2011) e Locatelli et al. (2014) trabalhando com cultivar BRS Novaera obtiveram máximo rendimento de grão de 1092 e 1308 kg ha^{-1} , respectivamente. Santos et al. (2013) no município de Lagoa Seca-PB e Silva et al. (2014) no município Vitória da Conquista-Bahia, trabalhando com cultivar BRS Potengi obtiveram máximo rendimento de grão de 1179 e 1948 kg ha^{-1} , respectivamente.

O rendimento das cultivares obtida no presente estudo foi superior à média nacional de $365,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2015) similar aos registrados por Ferreira et al. (1991) e Lima Filho (2000) na cultivar Pitiúba (1585 e 1550 kg ha^{-1}), Locatelli et al. (2014) e Silva et al. (2014) na cultivar BRS Pajéu (1495 e 1514 kg ha^{-1}), Silva et al. (2014) na

cultivar BRS Cauamé (1502 kg ha⁻¹), inferior aos registrados por Andrade Júnior et al. (2002b) na cultivar BR17 Gurguéia (2284 kg ha⁻¹), BR 14 Mulato (1725 kg ha⁻¹) e Silva et al. (2014) na cultivar BRS Potengi (1948 kg ha⁻¹).

Em relação aos efeitos das lâminas de irrigação constatou-se que os valores médios de rendimento de grão não diferem estatisticamente entre si, tendo variado entre 1477 a 1556 kg ha⁻¹ e 1536 a 1596 kg ha⁻¹ para cultivar BRS Potengi e BRS Novaera, respectivamente (Figura 12E). Esse resultado deve-se ao fato de número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos não ter sido influenciado significativamente pelas lâminas de irrigação. Segundo Lemos et al. (2004) esses são os principais componentes que influenciam no rendimento de grão.

Resultados semelhantes foram relatados por Andrade Júnior et al. (2000) no município de Teresina-PI, quando constataram variação não significativa no rendimento de grão em função as diferentes lâminas aplicadas para cultivar BR-14 Mulato (1398 kg ha⁻¹) e BR-17 Gurguéia (1461 kg ha⁻¹) do feijão-caupi. Arf et al. (2004) no município de Selvíria-MS, constataram que lâminas de irrigação não alteraram o rendimento de grão da cultivar IAC Carioca Eté do feijão-comum. Lima et al. (2012) em Seropédica, RJ também constaram que o rendimento de grão do feijão-caupi não foi afetada pelas lâminas de irrigação (279, 390, 502 e 562 mm). Locatelli et al. (2014) no cerrado de Roraima, também verificaram que as lâminas de irrigação não influenciaram no rendimento de grão da cultivar BRS Pajeú. Corroboram também com estes resultados, Torres (2014) que constataram as lâminas de irrigação suplementar não influenciaram o rendimento de girassol. Toureiro et al (2007) constaram que o rendimento do girassol e milho não foram influenciados pelo regime de déficit hídrico aplicado. Ferreira et al. (1991), constataram que ocorrência de déficit hídrico durante a fase vegetativa e reprodutiva não foi capaz de induzir reduções significativas no rendimento de grão em duas cultivares do feijão-caupi. Bezerra et al. (2003) no mesmo local também constataram a variação não significativa no rendimento de grão para a cultivar Epace-11 de feijão-caupi. Entretanto os resultados diferem dos obtidos por Andrade Júnior et al. (2002b), Blanco et al. (2011), Oliveira et al. (2011), Gomes et al. (2012), Tagliaferre et al. (2013), Locatelli et al. (2014) e Ramos et al. (2014), que encontraram efeito significativo das lâminas de irrigação no rendimento de grão em diferentes cultivares do feijão-caupi.

Quanto as lâminas de irrigação para obtenção do máximo rendimento de grão segundo Carvalho et al. (1992) estas variam de 370 a 570 mm com reflexo direto no rendimento de grão de 1376 a 2905 kg ha⁻¹. Locatelli et al. (2014) e Oliveiras et al. (2011)

trabalhando com cultivar BRS Novaera no município de Boa Vista-RR, obtiveram o máximo rendimento de grão de 1420 e 1504 kg ha⁻¹ aplicando lâmina de 257 e 199 mm, respectivamente. Lima Filho (2000) alcançou o rendimento de grão de 1550 kg ha⁻¹ com aplicação de uma lâmina de irrigação de 300 mm para a cultivar Pitiúba de feijão-caupi. Constata-se, que os valores de lâmina de irrigação obtidos no presente estudo, não estão situados dentro faixa sugerida por Carvalho et al. (1992) e diferem dos encontrados por Oliveiras et al. (2011) e Locatelli et al. (2014). As diferenças observadas estão associadas à diversidade das condições edafoclimáticas dos locais onde os estudos foram conduzidos. Em relação o rendimento de grão obtida em função as lâminas de irrigação incluindo a precipitação efetiva pode se inferir que está situada dentro faixa sugerido por Carvalho et al.(1992).

4.7 PRODUTIVIDADE DA ÁGUA

Os valores da produtividade da água (WP) em função do total de água utilizado, considerando os valores de irrigação e precipitação pluvial em cada tratamento encontram-se na Tabela 13. O total de água utilizado variou de 3210 m³ ha⁻¹ (sem irrigação) a 4260 m³ ha⁻¹ (100% da ETc). Constatou-se redução dos valores da produtividade da água com o incremento da lâmina total água utilizada independentemente da cultivar (Tabela 13). Tolk e Howell (2003) e Martins et al. (2012) verificaram resposta semelhante às encontradas para a cultura de sorgo e milho respectivamente. Esse resultado está associado ao fato do rendimento de grão não ter sido afetado significativamente pelas lâminas de irrigação e as cultivares terem apresentado o desempenho similar nas diferentes lâminas de irrigação. Também esse resultado pode estar associado ao melhor aproveitamento das chuvas ocorridas. Como o tratamento de 100% de ETc recebeu maior lâmina de irrigação durante o ciclo das cultivares, o aproveitamento da precipitação efetiva pode ter sido inferior em relação aos outros tratamentos.

Tabela 13 - Produtividade da água (WP) em função o total de água utilizado, considerando os valores de irrigação e precipitação efetiva (Pe) em cada tratamento. Santa Maria, RS, 2015

Tratamento (% ETc)	Lâmina (m ³ ha ⁻¹)		Rendimento de grão (kg ha ⁻¹)		WP (Kg m ⁻³)		
	Irrigação	Pe	Total	BRS	BRS	BRS	BRS
				Potengi	Novaera	Potengi	Novaera
0	0		3210	1483	1543	0,462	0,481
25	250		3460	1512	1565	0,437	0,453
50	520	3210	3730	1498	1536	0,402	0,412
75	780		3990	1477	1553	0,370	0,389
100	1050		4260	1556	1596	0,365	0,375
Média	-		-	1505	1559	0,407	0,422

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), as chuvas são bem distribuídas ao longo das quatro estações do ano com médias climatológicas da precipitação pluvial mensal que caracterizam um regime pluviométrico isoígro, isto é, não existe um regime de chuvas com uma estação seca definida (BURIOL et al., 1977; INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). Em Santa Maria, as chuvas são bem distribuídas e a evapotranspiração potencial média é menor do que a média da precipitação (HELDWEIN et al., 2009).

Considerando a série histórica 1931-1960 da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Santa Maria, elaborada por Instituto de Pesquisas Agronômicas, (1989) as médias mensais de precipitação pluvial normais oscilam de 123 mm (dezembro), 143 mm (janeiro), 141 mm (fevereiro) e 110 mm (março), acumulando-se no ano uma média normal de 1.708 mm. Para a mesma série a precipitação pluvial estacional referente ao verão foi de 407 mm. Considerando a série histórica 1912-2004 da mesma estação Meteorologia compilado por Buriol et al. (2006), as médias mensais de precipitação pluvial normais oscilam de 133,7 mm (dezembro), 148 mm (janeiro), 134,9 mm (fevereiro) e 137,3 mm (março), acumulando-se no ano uma média normal de 1.712,4 mm. Na análise da tendência secular da

precipitação pluviométrica, da mesma série constatou-se não haver tendência de aumento ou diminuição da precipitação, ou seja, para os totais anuais de chuva, a série histórica de Santa Maria é estacionária (BURIOL et al., 2006).

A precipitação pluviométrica acumulada observada na estação meteorológica durante o período de condução do experimento oscilou de 342,2 mm (dezembro), 190,2 mm (janeiro), 90,8 mm (fevereiro) e 142,4 mm (março). A precipitação pluvial estacional referente ao verão foi de 506,2 mm. Esses valores são superiores à precipitação média histórica de dezembro, janeiro, março e estação do verão apresentados pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas, (1989) e Buriol et al. (2006). Além da precipitação ser superior a média histórica dos meses e estação anteriormente mencionada, esta foi bem distribuída durante o período de condução do experimento. Assim pode se inferir que os resultados obtidos no presente estudo, estão associado a ocorrência de precipitação. Esses resultados corroboram com a literatura que relata boa distribuição de precipitação no Rio Grande do Sul, ao longo das quatro estações do ano, com somas anuais variando de 1000 a 2400 mm (BURIOL et al., 1977) e em Santa Maria as chuvas são bem distribuídas e superam a evapotranspiração potencial (HELDWEIN et al., 2009).

5 CONCLUSÕES

Para as condições de clima e de solo nas quais o trabalho foi realizado pode-se chegar as seguintes conclusões:

1. As lâminas de irrigação influenciaram somente a massa seca da parte aérea (MSPA) aos 45 dias após a semeadura (DAS) para as duas cultivares do feijão-caupi;

2. As lâminas de irrigação não afetaram os parâmetros de crescimento referente, a altura de planta, índice da área foliar, em todos os dias avaliados e MSPA aos 38 e 52 DAS;

3. As lâminas de irrigação não afetaram os componentes de produção e rendimento de grão;

4. As cultivares apresentaram respostas similares à aplicação das lâminas de irrigação em todas as variáveis analisadas;

5. A cultivar BRS Novaera apresentou melhor desempenho refere o índice da área foliar, MSPA, número de vagem por planta e rendimento de grão em relação BRS Potengi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE JÚNIOR A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA J. A. de A. RIBEIRO V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 243-277.
- ANDRADE JÚNIOR A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no MeioNorte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p.127-154.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S de.; FILHO, J.I.; FERREIRA, J.O.P.; RIBEIRO,V.Q.; BASTOS, E.A. Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. **Comunicata Scientiae**. Bom Jesus, v.5, n.2, p.187-195, 2014.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S de.; RODRIGUES, B.H.N.; FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, M.J.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1 p.17-20, 2002b.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina PI:Embrapa-Meio Norte. 2002a. 110 p. (Sistema de Produção 2).
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba:ESALQ, 2002. 272p
- ARAÚJO, J. P. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. de; FAGERIA,N. K. **A cultura do caupi: descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 82 p. (EMBRAPA-CNPAF. (Circular Técnica, 18).
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- AUMONDE, T. Z.; MARINI, P.; MORAES, D. M.; MAIA, DM. S.; PEDÓ, T.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Classificação do vigor de sementes de feijão miúdo pela atividade respiratória. **Interciencia**, v. 37, n. 1, p.1123-131, 2012.

.AYKROYD, W.R.; DOUGHTY, J.; WALKER, A.F. **Legumes in human nutrition**. 2 ed. Rome: FAO, 1982. (FAO. Nutritional Studies, 19).

AZEVEDO, M.C.; FERNANDES, C. N.V.; PINHEIRO, J. A.; BRAGA, E. S.; CAMPELO, A.R. Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão *vigna* de cor preta. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p 152–159, 2011.

BASTOS, E. A, RAMOS, H. M. M., ANDRADE JÚNIOR, A. S., NASCIMENTO, F. N., CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, p.31-37, 2012.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia, PI. **Irriga**, v.13, p.182-190, 2008.

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P. do; SILVA, E. M. da; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 100-107, 2011.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, 625p.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I.F. **Feijão-miúdo: planta recuperadora de solo e opção na produção de forragem de qualidade**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/FeijaoMiudo/index.htm>. Acesso em: 13 jun.2014.

BEVILAQUA, G.A.P.; GALHO, A.M.;ANTUNES, I.F.;MARQUES, R.L.L;MAIA, M.S. **Manejo de sistemas de produção de sementes e forragem de feijão-miúdo para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 25p. (Documentos, 204).

BEZERRA, M.A.F.; OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, F.TC.; PEREIRA, W.E.; SILVA, S.A. Cultivo de feijão-caupi em latossolos sob o efeito residual da adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 109-115, 2014.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

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 Agrônômica** v. 34, n 01, 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, n.45, p.524-530, 2011.

BOAS, R, C.V.; PEREIRA, G.M.; REIS, R.P.; JUNIOR, J.A. De L.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência Agrotecnologia**, v.35, n.4, p.781-788, 2011.

BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2012, 129p.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v.7, p.55-82, 1977.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R.F. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.11, p.89-97, 2006.

CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.485-497,1998.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B.; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CARDOSO, M. J. MELO, F. de B., LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 212-228.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; LIMA, M. G. Clima e aspectos de plantio. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa, 2000. p.49-62.

CARDOSO, M.J.; FREIRE FILHO, F.R.; ATHAYDE S. C. **Cultura do feijão macassar no Piauí: aspectos técnicos**. 1999.43p. (Circular Técnica, 9).

CARLESSO, R., PEREIRA, L.S. Necessidades de água dos cultivos: uso de modelos para a programação e manejo da rega; aplicação a casos reais com enfoque nos impactos ambientais. In: JORNADAS SOBRE AMBIENTE Y RIEGOS: **Modernización y Ambientalidad**. La Antigua -Guatemala. 2008.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M da; HELDWEIN, A. B. **Usos e Benefícios da Coleta Automática de Dados Meteorológicos na Agricultura**. Santa Maria: Editora UFSM, 2007, 165p.

CARLESSO, R.; ZIMMERMANN, F.L. **Água no solo: parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação**. Santa Maria: Imprensa Universitária. 2005. 65p.

CARVALHO, A.M.; SILVA, A.M.; COSTA, E.F.; COUTO, L. Efeitos de lâminas de água e épocas de parcelamento de nitrogênio em cobertura via fertirrigação no rendimento de grãos do feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1992, Natal. **Anais**. Fortaleza: ABID, 1992. p.767-789.

CARVALHO, J.A.; PEREIRA, G.M.; ANDRADE, M.J.B. ROQUE, M.W. Efeito do déficit hídrico sobre o rendimento do feijão caupi. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p 710-717, 2000.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora UFV, 2012, 239p.

CARVALHO, L.G de.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; NETO, P.C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

CISSE, N.; HALL, A.E. **Traditional Cowpea in Senegal, a Case Study**. 2015. Disponível em: http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_e.htm acesso em : 15 ago.2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC (CQFS - RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2004.

CONSULTATIVE GROUP FOR INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH (CGIAR). **Cowpea**. 2015. Disponível em: <http://www.cgiar.org/our-strategy/crop-factsheets/cowpea/> acesso em: 15 ago.2015.

COOK, F. J.; FITCH, P.; THORBURN, P. J.; CHARLESWORTH, P. B.; BRISTOW, K. L. Modelling trickle irrigation: comparison of analytical and numerical models for estimation of

wetting front position with time. **Environmental Modelling & Software**, v.21, n.9, p. 1353-1359, 2006.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F; PINHO, J. L. N; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1,p.43-50, 1997.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DUTRA, W. F.; DE OLIVEIRA, I. M.; DUTRA, A. F.; SANTOS, E.E.S.;MELO, A.S. Crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi cultivados sob estresse hídrico. **In III CONGRESSO DE NACIONAL DE CAUPI -CONAC-** Recife, PE, 2013. (Area: Irrigação e Drenagem).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

ENDRES, L.; SOUZA, J. L.; TEODORO, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITO, J. E. D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.11-16, 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Sistema de análise de variância. Versão 5,3. Lavras MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. de. Estresse hídrico nas fases vegetativas e reprodutivas de duas cultivar de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.1049-1055, 1991.

FERREIRA, V.M. **Técnico Agropecuária: Irrigação e Drenagem**.UFRN-etec-rede-Brasil. 2011.128p.

FIGUEIREDO, E. S.; SANTOS, M. E.; GARCIA, A. Modelos de determinação não destrutivo da área foliar do feijoeiro comum (*phaseolus vulgaris*). **Revista Nucleus**, v. 9, n. 01, p. 79-84, 2012.

FILHO, R.R.G.; TAHIN, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*vigna unguiculata*, l.) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, 56 v.10, n.2, p.1-4, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q.

(Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F.R. et al. **BRS Novaera: cultivar de feijão-caupi de Porte Semi-Ereto**. Embrapa-Belém.2008.4p. (Comunicado Técnico, 215).

FREIRE FILHO, F.R. et al. **BRS Potengi nova cultivar de feijão-caupi de grão branco**. Embrapa-Meio-Norte.2009. 4p. (Comunicado Técnico, 115).

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V. Q.; MOURA, R. M. DE; SILVA; K. J. D.E; NOGUEIRA, M. DO S. DA R; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. EMBRAPA. Teresina-PI. 2011. 80p.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G.; Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência. Tecnologia Agropecuário**, Campinas, v.28 n.2 p.470-476, 2008.

GOMES, F.E.; BISCARO, G. A.; AVILA, 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**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 899-910, 2012.

HEEMSKERK, W. **Cultura de feijão-nhemba**. INIA. Divulgação serie Agricultura nº 1 Ministério de Agricultura. 2.ed. 1985, 33p.

HEEMSKERK, W. **O regionalismo do feijão-nhemba**. INIA Comunicação Serie-Agricultura nº 8 Ministério de Agricultura .1.ed.1987,16p.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v.38, p.43-58, 2009

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). **Cowpea**. 2015. Disponível em: <http://www.iita.org/cowpea>. Acesso em 15.ago 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE): **Censo-Agropecuário Resultados Definitivos**. 2010.115p.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989. v.1, 102p.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) submetidas a deficits hídricos. Publicatio UEPG: **Ciencias Exatas e da Terra, Agrarias e Engenharias**, v. 10, n. 01, p. 43-51, 2004.

LEMONS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.319-326, 2004.

LIMA FILHO, L. J. M. P. Physiological responses of maize and cowpea to intercropping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 915-921, 2000.

LIMA, M.E.; CARVALHO.D.F.; SOUZA, A.P.; ROCHAS, H.S.; GUERRA, J.G.M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p. 604–610, 2012.

LIMA, C. J. G de S.; OLIVEIRA F de A.; MEDEIROS, J. F. de ; OLIVEIRA, M. K. T.; JÚNIOR, A. B. de A. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.2, n.2, p. 79-86, 2007.

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

LIMA, G. P. B. Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. In: IV REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI. Teresina: CNPAMN/Embrapa, **Anais** 1996. p. 37-39.

LIMA, J.R.S. de; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A. de; SILVA, I.F. de. Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga, Botucatu**, v.11, n.4, p.477-491, 2006.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBURQUERQUE, A. A.; ARAUJO, W.F.; SOUZAS, T.S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.574-580, 2014

MAIA, A. J.; PEREIRA, P.S.; ROCHA, D.G.F.; TAVORA, F.J.F.; BARROS, L.M. Efeito do estresse hídrico no crescimento de plantas de feijão de corda. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p 876-886.2013.

- MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L.A. Estimativa de dimensões de bulbo molhado em irrigação por gotejamento superficial aplicando modelo de superfície de resposta. **Revista Ciência Rural** vol.40, n.6, p. 1302-1308, 2010
- MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.A.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3 ed. Editora UFV, 2013, 355p.
- MARTIN, J.D. et al. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 192 - 205, 2012
- MATOSO, A.O de.; SORATTO, R. P.; CECCON, G.; FIGUEIREDO; P G.; NETO, A. L S. Desempenho agrônômico de feijão-caupi e milho semeados em faixas na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.7, p.722-730, 2013.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, J. B.M.; SALVIANO, A. A.C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 231-242.
- MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.
- MOURA, J.Z.; PAUDA, L. E.M.; MOURA, S. G. DE; TORRES; S. J.; SILVA, P. R.R. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.
- MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 30, n.1, p. 139-145, 2008.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e colonização, Secção de Geografia, 1961, 61p.
- NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

NASCIMENTO, S. P. do; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.8, p. 66-71, 2011.

NETO, J. F. C. et al. Produtividade do feijão-caupi cv tumucumaque, submetido a diferentes lâminas de irrigação no semiárido pernambucano. In **III Congresso de Nacional de Caupi - CONAC**- Recife, PE . 2013. (Área: Agrometeorologia).

NEVES, A.C.; CÂMARA, J.A.S.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S. **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Embrapa-Teresina.2011.15p. (Circular Técnica 51).

NNANNA, I.A.; PHILLIPS, R.D. Amino acid composition, protein quality and water-soluble vitamin content of germinated cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.39, n.2, p 187-200, 1989.

NOBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRAO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J. Analise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

OLIVEIRA, F. J. de.; ANUNCIACÃO F. C. J. da; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V. dos; T, E. M. Caracteres agrônômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v.34, n.1, p.5-11, 2003.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; 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**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.86-95, 2005.

OLIVEIRA, J. P. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro caupi cultivado Em casa de vegetação. **Revista Ciência Agrônômica**, v.7, n.12, p.53-57 1977.

OLIVEIRA, S.de.; RIGO, G.A.; OLIVO, M.; LEMES, E.S.; PEDROSO, C.E.S. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de feijão-miúdo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18; p. 575-584, 2014.

PADRÓN, R.A.R.; NOQUEIRA, H.M.C.N.; CERQUERA, R. R.; DAUALA; G. A.; NOGUEIRA, C.U. Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.1, p. 36-47, 2015.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.183p.

PEREIRA, L.S. Desempenho de sistemas de rega. **Ingeniería Del Agua**, v.8, n.3, p.11-18 2001.

PEREIRA, L.S. **Necessidades de água e métodos de rega**. Lisboa: Europa-América, 2004.312p

PEREIRA, L.S. Necessidades de água das culturas: evapotranspiração de referência, coeficientes de cultivo e balanço hídrico. In: **Jornadas sobre Ambiente y Riegos: Modernización y Ambientalidad**. La Antigua-Guatemala. 2008.

PETILLO, M.G. Manejo del riego: uso de instrumentos de medición de agua del suelo y del estado hídrico de los cultivos, presentación de casos de estudio incluso en riego deficitario. In: **JORNADAS SOBRE AMBIENTE Y RIEGOS: Modernización y Ambientalidad, La Antigua -Guatemala**. 2008.

PIMENTEL, C., HÉRBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11,n.1, p. 7-11, 1999.

PINHO, J.L.N.; TAVORA, F.J.A.F.; GONÇALVES, J. A. Aspectos Fisiológicas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 193-228.

QUIN, F. M. Introduction. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA; Tsukuba: JIRCAS, 1997. p. 9-15.

QUINTELA, E. D.; NEVES, B. P. das; QUINDERÉ, M. A. W.; ROBERTS, D. W. **Principais pragas de feijão caupi Brasil**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAF, 1991. 38p. EMBRAPA–CNPAF (Documentos, 35).

RAMOS, H.M.M.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V.Q.; NASCIMENTO, F.N. Produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.683-694, 2014.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb.**, v. 27, n.3, p. 29-48, 2003.

ROCHA, D.G. da F. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica na fase vegetativa**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2001. 60p. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, G. C.; PEREIRA, L.S. Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs, **Biosystems engineering**, v.103, n.4, p. 536–551,2009.

SALLIS, M. G. V.; LUCCA-FILHO, O.; MAIA, M. S. Fungos associados às sementes de feijão-miúdo (*Vigna unguiculata* (L.) produzidas no município de São José do Norte (RS). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p. 36-39, 2001.

SANTOS, J.F. dos. Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.4, p.31-36, 2013.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, A.C.; MORAIS, O.M.; LUCIALDO, J. L.S.; AREDE,O.; SILVA, P.B. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agroambiente**, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014.

SILVA, D.J.K. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2015. Disponível em https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijaocaupi/arvore/CONTAG01_16_510200683536.html. Acesso em jun. 2015.

SILVA, P.H.S.; CARNEIRO, da S. B.M.; QUINDERE, M. A.W. Pragas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 369-402.

SINGH, B. B.; EHLERS, J.D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F.R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C.A. et al. **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22-40.

SOARES, F. C. **Análise da viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SOBRINHO, C. A.; VIANA, F.M.P.; SANTOS, A. A. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 463-497.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 49p. (Documentos, 55).

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RSASCAR, 2008, 222 p.

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E.H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). Cowpea research, production and utilization. **Chichester**: John Wiley, p.66-101, 1985

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agronômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

TOLK, J. A.; HOWELL, T. A. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern great plains soils, **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.59, n.12, p.97-111, 2003.

TOMM, G.O.; FREIRE FILHO, F.R.; BEVILAQUA, G.A.P. **Comportamento de genótipos de feijão caupi “Moita” branco em Passo Fundo, RS**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 15p (Circular Técnica, 18).

TORRES, R.R. **Resposta à irrigação e à adubação nitrogenada em cobertura da cultura do girassol**. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

TOUREIRO, C. M.; SERRALHEIRO, R. P.; OLIVEIRA, M. R. Resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes cenários de rega deficitária. **Revista de Ciências Agrárias**, v.30, n. 1, p. 33-47, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Croqui da área experimental

C1	C2	C2	C1	L2	L1	C1	C2	C2	C1
C2	C1	C1	C2	L5	L2	C2	C1	C1	C2
C2	C1	C1	C2	L3	L3	C2	C1	C2	C1
C1	C2	C1	C2	L4	L5	C1	C2	C2	C1
C2	C1	C2	C1	L2	L3	C1	C2	C2	C1
3		4				1		2	
Bloco									

L1 = 0% da ETc; L2 = 25% da ETc; L3 = 50% da ETc; L4 = 75% da ETc; L5 = 100 % da ETc. C1: Cultivar BRS Potengi; C2: Cultivar BRS Novaera

APÊNDICE B- Análise de variância da variável altura de planta aos aos 38 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	67.83075	22.61025	9.989	0.0014
LÂMINA	4	8.085	2.02125	0.893	0.4977
Resíduo1	12	27.163	2.263583		
CULTIVAR	1	0.38025	0.38025	0.122	0.7317
LÂMINA *CULTIVAR	4	2.291	0.57275	0.184	0.9432
Resíduo2	15	46.75375	3.116917		
Total	39	152.5038			

FV = Fonte de Variação; GL= Grau de Liberdade; SQ = Soma de Quadrados; QM= Quadro Médio; Fc = F calculado; (Pr>Fc) = valor de p

APÊNDICE C- Análise de variância da variável altura de planta aos aos 45 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	66.296	22.09867	5.753	0.0112
LÂMINA	4	41.33	10.3325	2.69	0.0824
Resíduo1	12	46.094	3.841167		
CULTIVAR	1	0.256	0.256	0.03	0.865
LÂMINA *CULTIVAR	4	32.974	8.2435	0.964	0.4558
Resíduo2	15	128.33	8.555333		
Total	39	315.28			

APÊNDICE D- Análise de variância da variável altura de planta aos aos 52 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	81.774	27.258	19.379	0.0001
LÂMINA	4	8.3215	2.08038	1.479	0.2692
Resíduo1	12	16.8785	1.40654		
CULTIVAR	1	4.761	4.761	1.431	0.2502
LÂMINA *CULTIVAR	4	7.1365	1.78413	0.536	0.7114
Resíduo2	15	49.9125	3.3275		
Total	39	168.784			

APÊNDICE E- Análise de variância da variável índice da área foliar aos 38 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.00037	0.00012	0.287	0.8338
LAMINA	4	0.00166	0.00042	0.973	0.4579
Resíduo1	12	0.00512	0.00043		
CULTIVAR	1	0.00042	0.00042	1.008	0.3313
LAMINA*CULTIVAR	4	0.00174	0.00044	1.038	0.4202
Resíduo 2	15	0.00629	0.00042		
Total	39	0.0156			

APÊNDICE F- Análise de variância da variável índice da área foliar aos 45 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.00542	0.00181	8.773	0.0024
LAMINA	4	0.00104	0.00026	1.258	0.3393
Resíduo1	12	0.00247	0.00021		
CULTIVAR	1	0.00333	0.00333	47.349	0.0000
LAMINA*CULTIVAR	4	0.00038	9.6E-05	1.36	0.2941
Resíduo 2	15	0.00106	0.00007		
Total	39	0.01369			

APÊNDICE G- Análise de variância da variável índice da área foliar aos 52 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.00233	0.00078	6.963	0.0057
LAMINA	4	0.00084	0.00021	1.885	0.1779
Resíduo1	12	0.00134	0.00011		
CULTIVAR	1	0.00888	0.00888	52.32	0.0000
LAMINA*CULTIVAR	4	0.00028	0.00007	0.413	0.7964
Resíduo 2	15	0.00255	0.00017		
Total	39	0.01621			

APÊNDICE H- Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 38 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	1133.02	377.67226	35.677	0.000
LÂMINA	4	62.8627	15.71567	1.485	0.2676
Resíduo1	12	127.03	10.58584		
CULTIVAR	1	202.095	202.09520	24.08	0.0002
LÂMINA *CULTIVAR	4	29.6483	7.41207	0.883	0.4974
Resíduo 2	15	125.888	8.39256		
Total	39	1680.54			

APÊNDICE I- Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 45 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	186.078	62.0259	3.522	0.0488
LÂMINA	4	294.206	73.5514	4.176	0.024
Resíduo1	12	211.36	17.6134		
CULTIVAR	1	558.682	558.682	29.809	0.0001
LÂMINA *CULTIVAR	4	114.987	28.7467	1.534	0.2428
Resíduo 2	15	281.131	18.7421		
Total	39	1646.44			

APÊNDICE J- Análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 52 DAS

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	35.1745	11.7248	2.753	0.0887
LÂMINA	4	24.3019	6.07547	1.426	0.2844
Resíduo1	12	51.1153	4.25961		
CULTIVAR	1	1623.2	1623.2	55.611	0.000
LÂMINA *CULTIVAR	4	41.3621	10.3405	0.354	0.8371
Resíduo 2	15	437.83	29.1887		
Total	39	2212.987			

APÊNDICE K- Análise de variância da variável número de vagens por planta

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	29.3	9.766667	2.014	0.1658
LÂMINA	4	42.4	10.6	2.186	0.1323
Resíduo1	12	58.2	4.85		
CULTIVAR	1	409.6	409.6	109.714	0.000
LÂMINA *CULTIVAR	4	28.4	7.1	1.902	0.1625
Resíduo 2	15	56	3.733333		
Total	39	623.9			

APÊNDICE L- Análise de variância da variável comprimento de vagem

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	2.726187	0.908729	1.122	0.3788
LÂMINA	4	8.3917	2.097925	2.591	0.0902
Resíduo1	12	9.7168	0.809733		
CULTIVAR	1	106.7656	106.7656	71.866	0.000
LÂMINA *CULTIVAR	4	17.3653	4.341325	2.922	0.0711
Resíduo 2	15	22.28439	1.485625		
Total	39		39 163.2499		

APÊNDICE M- Análise de variância da variável número de grão por vagem

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	1.100	0.367	0.595	0.631
LÂMINA	4	1.400	0.350	0.568	0.691
Resíduo1	12	7.400	0.617		
CULTIVAR	1	78.400	78.400	112.000	0.000
LÂMINA *CULTIVAR	4	1.100	0.275	0.393	0.811
Resíduo 2	15	10.500	0.700		
Total	39	99.900			

APÊNDICE N- Análise de variância da variável peso de 100 grãos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.835548	0.278516	1.132	0.3751
LÂMINA	4	0.479535	0.119884	0.487	0.745
Resíduo1	12	2.951365	0.245947		
CULTIVAR	1	1.802003	1.802003	10.015	0.0064
LÂMINA *CULTIVAR	4	1.314835	0.328709	1.827	0.1762
Resíduo 2	15	2.699013	0.179934		
Total	39	10.0823			

APÊNDICE O- Análise de variância da variável rendimento de grãos seco

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	57157.6648	19052.5549	4.055	0.0333
LÂMINA	4	22591.6622	5647.91554	1.202	0.3597
Resíduo 1	12	56378.4939	4698.20782		
CULTIVAR	1	28747.8269	28747.8269	11.551	0.004
LÂMINA *CULTIVAR	4	2031.65781	507.914453	0.204	0.9322
Resíduo 2	15	37330.861	2488.72407		
Total	39	204238.167			

APÊNDICE P- Tabela suplementar da análise de variância da variável massa seca da parte aérea aos 45 DAS para o fator lâmina de irrigação

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Regressão linear	1	230.588	230.588	13.092	0.004
Regressão quadrática	1	57.400	57.400	3.259	0.046
Regressão cúbica	1	0.024	0.024	0.001	0.971
Desvio	1	6.193	6.193	0.352	0.564
Erro	12	211.360	17.613		