



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO NO  
FEIJOEIRO IRRIGADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**João Antônio da Conceição**

**Alegrete, RS, Brasil**

**2016**

# **EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO IRRIGADO**

por

**João Antônio da Conceição**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Agrícola**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ana Rita Costenaro Parizi

**Alegrete, RS, Brasil.**

**2016**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO NO  
FEIJOEIRO IRRIGADO**

elaborado por

**João Antônio da Conceição**

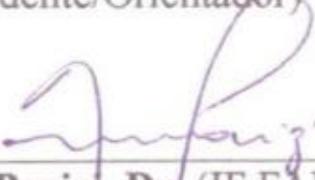
Como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

COMISSÃO EXAMINADORA:



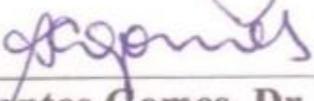
---

**Fátima Cibele Soares, Dr. (UNIPAMPA)**  
(Presidente/Orientador)



---

**Ana Rita Costenaro Parizi, Dr. (IF FARROUPILHA)**  
(Coorientadora)



---

**Ana Carla dos Santos Gomes, Dr. (IF FARROUPILHA)**

Alegrete, 19 de dezembro de 2016.

## RESUMO

### EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO IRRIGADO

AUTOR: JOÃO ANTÔNIO DA CONCEIÇÃO

ORIENTADORA: ANA RITA COSTENARO PARIZI

ALEGRETE, 19 DE DEZEMBRO DE 2016.

O feijão apresenta-se como importante fonte de proteína na alimentação humana, é cultivado mundialmente nos mais diversos sistemas de produção. Devido à necessidade da aplicação de nitrogênio (N), para que se obtenha um melhor desenvolvimento e conseqüentemente uma melhor produtividade, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação do comportamento da cultura do feijão, onde foram verificados os parâmetros de crescimento e de produtividade do feijoeiro irrigado a partir de diferentes doses de nitrogênio que foram aplicadas ou não nas datas pré-definidas. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos de adubação nitrogenada (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro repetições. Foram pré-definidos três períodos para determinação do índice de suficiência de nitrogênio (15, 30 e 45 DAE). Durante o ciclo do feijoeiro foram avaliados os parâmetros de crescimento: altura de planta e índice de área foliar, e ao final do ciclo, foram avaliados os parâmetros de produção: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso médio do grão, produção final de grãos e matéria seca. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o ISN apresentou necessidade de aplicação de N aos 45 DAE. Os parâmetros de crescimento não apresentaram interferência estatística significativa com a adição de N aos 45 DAE. Para os parâmetros de produção, apenas o número de vagens por planta apresentou diferença estatística significativa para o incremento das doses de N, porém, não interferiu na produtividade final de grãos, que se mostrou maior na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, mas não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

**Palavras-Chave:** produtividade, adubação nitrogenada, feijão comum.

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF THE APPLICATION OF DIFFERENT NITROGEN DOSES ON THE IRRIGATED BEAN**

**AUTHOR: JOÃO ANTÔNIO DA CONCEIÇÃO**

**ADVISER: ANA RITA COSTENARO PARIZI**

**ALEGRETE, DEZEMBER 19TH, 2016.**

Beans present as important source of protein in human food, is cultivated worldwide in the most diverse production systems. Due to the necessity of the application of nitrogen (N), in order to obtain a better development and consequently a better productivity, the present work had the objective of evaluating the behavior of the bean culture, where the parameters of growth and productivity of the bean were verified. Bean irrigated from different doses of nitrogen that were applied or not at the pre-defined dates. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Pampa, Alegrete Campus. The experimental design was completely randomized, with five nitrogen fertilization treatments (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of N) and four replications. Three periods were established to determine the nitrogen sufficiency index (15, 30 and 45 DAE). During the bean cycle the growth parameters were evaluated: plant height and leaf area index, and at the end of the cycle, the production parameters were evaluated: number of pods per plant, number of grains per pod, average grain weight, Final production of grains and dry matter. The results obtained in this study demonstrated that the ISN presented the need for N application at 45 DAE. The growth parameters did not present significant statistical interference with the addition of N at 45 DAE. For the production parameters, only the number of pods per plant presented a statistically significant difference for the increase of the N doses, but did not interfere in the final grain yield, which was higher in the dose of 180 kg ha<sup>-1</sup>, but not Differing statistically from the other treatments.

**Key words:** yield, nitrogen fertilization, common bean.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Vista da casa de vegetação, Unipampa – Campus Alegrete, 2015 .....	23
<b>Figura 2</b> – Modelo de vaso utilizado no experimento. Alegrete, 2015 .....	24
<b>Figura 3</b> – Evapotranspiração da cultura para a cultura do feijoeiro.....	30
<b>Figura 4</b> – Leituras do clorofilômetro nas plantas do feijoeiro .....	31
<b>Figura 5</b> - Influência do nitrogênio aplicado sobre a altura de plantas de feijão.....	32
<b>Figura 6</b> - Influência do nitrogênio aplicado sobre o número de vagens planta <sup>-1</sup> do feijão ...	35
<b>Figura 7</b> - Influência do nitrogênio aplicado nos tratamentos sobre o número de grãos por vagem .....	35
<b>Figura 8</b> - Influência das diferentes doses de nitrogênio aplicada sobre a produção de grãos do feijão .....	37
<b>Figura 9</b> – Influência das diferentes doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca do feijão .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Coeficientes de cultura (Kc) para três fases do ciclo do feijoeiro, no sistema convencional de plantio .....	16
<b>Tabela 2</b> - Resumo dos estádios vegetativos e reprodutivos do feijoeiro.....	18
<b>Tabela 3</b> - Características da cultivar BRS Valente .....	25
<b>Tabela 4</b> - Tratamentos e suas doses de nitrogênio aplicadas .....	26
<b>Tabela 5</b> – Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) nos tratamentos para o feijoeiro .....	31
<b>Tabela 6</b> - Influência do nitrogênio aplicado sobre o índice de área foliar do feijão .....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	12
<b>2.1 Cultura do feijão</b> .....	12
<b>2.2 Clima</b> .....	12
<b>2.3 Exigência e deficiência hídrica</b> .....	14
<b>2.4 Irrigação e manejo da irrigação</b> .....	15
<b>2.5 Evapotranspiração da cultura e de referência</b> .....	16
<b>2.6 Fenologia</b> .....	17
<b>2.7 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura</b> .....	18
<b>2.8 Nitrogênio</b> .....	20
<b>2.9 Medidor portátil de clorofila (Clorofilômetro)</b> .....	21
<b>2.10 Parâmetros de avaliação para produção da cultura</b> .....	22
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	23
<b>3.1 Local e época da realização do experimento</b> .....	23
<b>3.2 Obtenção de dados</b> .....	23
3.2.1 Solo.....	23
<b>3.3 Implantação e condução do experimento</b> .....	24
3.3.1 Semeadura .....	24
3.3.2 Cultivar utilizada .....	25
3.3.3 Tratamentos .....	25
3.3.4 Determinação do índice de clorofila.....	26
3.3.5 Tratos culturais .....	27
3.3.6 Manejo da irrigação .....	27
3.3.7 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta .....	28
3.3.7.1 Índice de área foliar .....	28
3.3.7.2 Altura de plantas.....	28
3.3.8 Componentes de produção e matéria seca total.....	29
3.3.8.1 Matéria seca total.....	29
3.3.8.2 Produtividade.....	29
3.3.9 Análise dos resultados .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>4.1 Evapotranspiração da cultura</b> .....	30

<b>4.2 Índice de clorofila e aplicação de nitrogênio</b> .....	<b>31</b>
<b>4.3 Parâmetros de crescimento</b> .....	<b>32</b>
4.3.1 Altura de planta .....	32
4.3.2 Índice de área foliar .....	33
<b>4.4 Componentes de produção</b> .....	<b>34</b>
4.4.1 Número de vagens por planta .....	34
4.4.2 Número de grãos por vagem.....	35
4.4.3 Peso médio do grão .....	36
4.4.4 Produtividade de grãos .....	36
4.4.5 Produção de matéria seca .....	37
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>40</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>50</b>
<b>Apêndice A</b> - Análise de variância para o índice de altura de planta no cultivo do feijoeiro irrigado com diferentes doses de aplicação de nitrogênio .....	50
<b>Apêndice B</b> – Análise de variância para o índice de área foliar no cultivo do feijoeiro irrigado com diferentes doses de aplicação de nitrogênio .....	52
<b>Apêndice C</b> - Análise de variância do número de vagens por planta .....	53
<b>Apêndice D</b> - Análise de variância do número de grãos por vagem.....	<b>54</b>
<b>Apêndice E</b> - Análise de variância da produtividade de grãos .....	55
<b>Apêndice F</b> - Análise de variância da produção de matéria seca .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivada em aproximadamente 100 países, sendo os principais a Índia, Brasil, China, Estados Unidos e México, responsáveis por cerca de 63% do total de produção (FERREIRA, 2015). O Brasil é o país que mais consome feijão, sendo o estado do Rio Grande do Sul um dos Estados com consumo mais elevado per capita no Brasil.

O feijoeiro possui quatro tipos de hábitos de crescimento que são classificados em tipo I, II, III e IV, e no Brasil normalmente são cultivados os do tipo II e III. Dentre estes, o do tipo II tem hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto, caule não muito ramificado, produtividade boa e quantidade elevada de vagens encontradas na parte superior da planta. Já os do tipo III têm seu hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, elevada desuniformidade de maturação das vagens, alta quantidade de vagens na parte inferior da planta e ramificação muito desenvolvida e aberta.

Referente aos fatores climáticos que interferem diretamente na produtividade do feijoeiro, pode-se destacar a temperatura, precipitação pluvial e a radiação solar. Considerando a produtividade, a precipitação pluviométrica é o fator que mais influencia no fracasso de um grande nível de produção. Em regiões onde o excesso, falta ou má distribuição pluvial, pode haver uma significativa perda de qualidade da cultura ou ainda perda da produtividade, durante as fases de desenvolvimento mais frágeis.

O feijoeiro tem muita necessidade de Nitrogênio (N). A fonte de absorção do feijão pode ser de três formas: através do solo, de fertilizantes ou de fixação biológica de N atmosférico. Pode haver, mesmo com a inoculação correta, pouco suprimento exigido pelo feijão para uma produção efetiva de grãos. Com isso, torna-se importante a utilização de fertilizantes nitrogenados.

A deficiência de nitrogênio pode ser obtida através do clorofilômetro portátil, que é um aparelho que indica um índice relativo da clorofila (IRC), baseado na coloração e intensidade das folhas do feijoeiro, este se correlaciona com o N na folha e o nível de clorofila. A partir da determinação do IRC, pode ser indicado o estado de nutrição de N da planta. O clorofilômetro portátil, no uso para determinar o N das plantas, tem apresentado resultados positivos para determinar-se a melhor época de aplicação de N em diversas culturas, inclusive a do feijão.

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação do comportamento da cultura do feijão, onde foram verificados os parâmetros de crescimento e de produtividade do feijoeiro irrigado a partir de diferentes doses de nitrogênio que foram aplicadas ou não nas datas pré-definidas.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Cultura do feijão**

Considera-se o feijão o alimento com mais importante fonte de proteína na dieta alimentar da população de baixa renda (STONE & PEREIRA, 1994). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o consumo alimentar de feijão da população brasileira combina a tradicional dieta à base de arroz e feijão com alimentos com poucos nutrientes e muitas calorias. Conforme estimativa do IBGE/2012 e Conab/safra 2011/12 o consumo alimentar médio de feijão per capita é 14,94 kg hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

As variações observadas na preferência dos consumidores induzem à pesquisa tecnológica e direcionam a produção e comercialização do produto, pois as regiões brasileiras são bem concretas quanto à preferência do grão de feijoeiro comum consumido. Algumas características como a cor, o tamanho e o brilho do grão, podem definir o seu consumo, enquanto a cor do halo pode também influenciar na comercialização (EMBRAPA, 2003).

No Rio Grande do Sul a principal safra é semeada na primavera: de agosto a outubro, onde a colheita ocorre entre os meses de novembro a janeiro, apresentando-se com o ciclo de desenvolvimento em um período que pode ocorrer déficit hídrico, especialmente no final do ciclo. A safrinha (safra da seca), semeada entre os meses de janeiro a fevereiro, fica com probabilidade mais elevada de ocorrência de déficit hídrico, em decorrência à maior demanda evaporativa atmosférica e pela distribuição desuniforme da precipitação pluvial (RODRIGUES, 2009).

### **2.2 Clima**

De acordo com Pereira et al., (2014), dentre os elementos climáticos que mais interferem no desenvolvimento e produção da cultura do feijão, destacam-se a temperatura e precipitação pluviométrica. As características físico-químicas do solo também influenciam no desenvolvimento do feijoeiro e devem ser levadas em consideração para o planejamento do cultivo. Segundo informação da Embrapa (2003), mediante à distribuição pluvial irregular, o risco climático, que é representado pelo nível de água no solo disponível para as culturas, é considerável em função da redução frequente na quantidade de água para as culturas. Muitas vezes, esta precipitação irregular é notada por períodos sem chuva que duram de 5 a 35 dias,

especialmente no cerrado brasileiro, podendo causar redução na produção de grãos. Entretanto, acredita-se que o efeito negativo causado pela falta de suplemento hídrico pode ser reduzido sabendo-se as características pluviais de cada região, e o comportamento das culturas em suas distintas fases fenológicas, ou seja, semeando nos períodos em que a probabilidade de diminuição da precipitação pluvial é menor durante, principalmente, a fase de florescimento-enchimento de grãos.

Após a semeadura a ocorrência de baixas temperaturas, pode comprometer a germinação e reduzir a população de plantas emergidas, sendo constatado na produtividade final. Isso se deve ao momento em que a semente é lançada ao solo, pois somente irá germinar quando atingir suas condições padrões de temperatura, umidade e luminosidade. Se estas condições não estiverem de acordo podem afetar seu crescimento, resultando em plantas de pequeno porte, bem como o aborto de sementes (VIEIRA et al., 2006).

Durante a fase de reprodução, elevadas temperaturas exercem influência sobre o aborto de flores, vingamento e retenção final das vagens (ANDRADE, 1998). Na fase entre a diferenciação dos botões florais até o enchimento dos grãos nas vagens, as altas temperaturas diminuem o número de vagens por planta, devido a esterilização do grão de pólen e, logo, a queda das flores (MARIOT, 2000). O cultivo do feijoeiro em condições de temperaturas elevadas ou baixas reduz seu rendimento. As indicações da Embrapa (2003), é que a temperatura do ar situe-se numa faixa próxima de 29°C durante o dia e de 21°C durante a noite, pois os valores adequados da temperatura do ar mínima, ótima e máxima são de 12°C, 21°C e 29°C, respectivamente (SILVA & RIBEIRO, 2009).

Didonet (2010), estudando a temperatura em relação à pré-floração e a produção do feijoeiro comum verificou que com a elevação da temperatura mínima, da radiação solar global incidente e da taxa diária de absorção de nitrogênio, até o terceiro trifólio, causaram redução no rendimento de grãos do feijoeiro.

A luminosidade também influencia na resposta da cultura quanto ao crescimento das plantas. Tem-se notado que, períodos prolongados de baixa luminosidade, normalmente, reduzem o número de ramos laterais no feijoeiro e o número de folhas por planta. Além disso, as plantas apresentam folhas menores, com espessura maior e com menor quantidade de estômatos por área foliar. Decréscimos na produção de grãos poderão acontecer e sua magnitude dependerá da eficiência fotossintética da variedade (EMBRAPA, 2005).

### 2.3 Exigência e deficiência hídrica

Em virtude da proporção irregular das chuvas, a necessidade hídrica da cultura muitas vezes não é obtida, e o estresse hídrico (déficit) afeta diretamente a produtividade, principalmente quando este acontece nas fases de reprodução e enchimento de grãos. Assim, para mitigar ou anular os efeitos danosos da deficiência hídrica, tornam-se necessários o uso de técnicas que aumentem a eficiência no uso da água, como a irrigação (FARIAS et al., 2008) e o uso de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região (ALVES et al., 1998).

Souza et al. (2005) menciona que durante o ciclo da cultura do feijão comum, estima-se a necessidade de cerca de 300 a 400 mm de chuvas, bem distribuídas, em especial durante as fases de germinação, florescimento, formação e enchimento de vagens. O excesso de chuvas favorece ao surgimento de doenças de solo, principalmente a "Mela" e quando ocorre na época da colheita dificulta o arranque, a secagem e a trilhagem das plantas, comprometendo o rendimento e a qualidade dos grãos.

O abuso da irrigação ou drenagem errônea pode resultar em déficit de oxigênio disponível no solo à planta e interferindo a germinação, bem como o desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular do feijoeiro (VIEIRA et al., 2006).

Mota et al. (1991), Berlato (1992), Mota et al. (1996), Cunha et al. (1998) e Matzenauer, et al. (1998b) dizem que a pouca disponibilidade hídrica é o fator mais relevante que limita o alto rendimento de grãos de soja e de milho no Rio Grande do Sul, e pela similaridade das épocas de crescimento, pode ser estendido à cultura de feijão, portanto, uma das principais limitações à cultura de feijão no Rio Grande do Sul é a disponibilidade de água, que, em alguns anos, pode não ser suficiente devido à ocorrência de períodos de estiagem nos meses de outubro a janeiro, porém que podem vir a ocorrer em outras épocas do ano.

Para Guimarães (1988), quando o déficit ocorre durante a fase vegetativa do feijoeiro há diminuição da área foliar das plantas, na floração causa abortamento e queda de flores, conseqüentemente reduz o número de vagens por plantas e no enchimento de grãos, reduzindo a massa das sementes. Stone et al. (1988) notaram queda nos componentes de produtividade em feijoeiro quando submetido a uma deficiência hídrica. Isto aconteceu devido a interferência da água no crescimento e desenvolvimento e, indiretamente, na produção, por ser responsável pela absorção e translocação de nutrientes, além de auxiliar da fotossíntese e translocação de assimilados, transpiração e respiração das plantas.

Cunha et al. (2013) em estudos, analisou que plantas de feijoeiro submetidas a déficit hídrico de 21 e 37% nas fases vegetativa e reprodutiva, nesta ordem, têm sua produtividade reduzida em 29%. Déficit hídrico de 22% na fase reprodutiva é capaz de diminuir a produtividade do feijoeiro em 15%, o número de grãos vagem<sup>-1</sup> e a altura das plantas mudam em função do regime hídrico.

## 2.4 Irrigação e manejo da irrigação

A necessidade da água do *Phaseolus vulgaris* varia de acordo com seus estádios de desenvolvimento, progredindo de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens e reduzindo a partir do princípio da maturação (NÓBREGA et al., 2001). O consumo hídrico diário dificilmente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

A quantidade total de água necessária para a irrigação é calculada levando-se em consideração alguns parâmetros, como: evapotranspiração real, capacidade de armazenamento de água do solo e profundidade efetiva do sistema radicular da planta (BERNARDO, 1989; KLAR, 1991; MARQUELLI et al., 1994).

Rezende et. al (2004), obtiveram produtividade média de 935 kg.ha<sup>-1</sup> para cultivo sem irrigação suplementar e 1239 kg.ha<sup>-1</sup> com a irrigação suplementar.

O manejo da irrigação do feijoeiro é realizado em etapas que visam atender corretamente as necessidades hídricas da cultura, tornando propício o desenvolvimento e máxima capacidade de produção (SILVEIRA et. al, 2009). Segundo Tavares (2007), o manejo da irrigação pode ser feito através de parâmetros via solo, planta ou clima, ou ainda pelo conjunto destes.

Dentre os métodos via clima, Guerra (2015) menciona que, o tanque Classe A, ainda é o mais usual, e deve ser instalado próximo à área de cultivo, tendo que ser feita a leitura diária da lâmina de água existente dentro do tanque. No cálculo de irrigação é levada em consideração a leitura diária de água evaporada do tanque, o coeficiente do tanque (Kp) que é encontrado na literatura - divulgando distinção para cada condição de parâmetros de clima como velocidade do vento e umidade relativa bem como fatores de localização e cobertura do solo onde o tanque é instalado, e o coeficiente de cultura (Kc), também encontrado na literatura, porém deve ser obtido sempre que possível para cada região, uma vez que este coeficiente tem ampla ligação com a situação agrometeorológica e tipo de solo local, podendo mostrar diferenças consideráveis entre regiões.

A distribuição do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) durante o ciclo produtivo, é denominada de “curva da cultura”, que é encontrada no experimento, e representa o efeito integrado da mudança da área da folha, da altura da planta, do grau de cobertura, da resistência do dossel da planta e do albedo sobre a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) referente a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). Os valores quantificados das oscilações na demanda temporal com base no  $K_c$ , recomendados por Doorenbos & Kassam (1994), mudam conforme a fase de desenvolvimento da cultura usada.

**Tabela 1** - Coeficientes de cultura ( $K_c$ ) para três fases do ciclo do feijoeiro, no sistema convencional de plantio.

Fase da cultura	Duração (dias)	$K_c$
Germinação ao início da floração	35	0,69
Floração	25	1,28
Desenvolvimento de vagens à maturação	20	1,04

Fonte: Embrapa (2005).

## 2.5 Evapotranspiração da cultura e de referência

A evapotranspiração de uma cultura é função, simplesmente, das condições meteorológicas que acontecem durante o ciclo das plantas. Assim, os parâmetros que tem influência mais significativa são aqueles relacionados à demanda evaporativa da atmosfera. Então não deve exceder-se em valores concretos a evapotranspiração. Assim sendo, para estimarem-se as necessidades hídricas de uma cultura, é preciso fazer relações entre a evapotranspiração da cultura e um valor de referência, como algum elemento meteorológico ou com a evapotranspiração calculada por algum método de estimativa (MATZENAUER et al., 1998).

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) pode ser verificada através de métodos diretos e indiretos, sendo os métodos diretos os que possuem o uso de lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle de umidade do solo e método de entrada e saída de água em áreas consideráveis. Dos métodos diretos, o método mais preciso para verificar-se a  $ET_c$  é o uso de lisímetros (ABOUKHALED, 1982).

Segundo Aboukhaled et al. (1982), por apresentar custos altos, o uso de lisímetros tem se tornado restrito a instituições de pesquisas, sendo a causa de sua utilização a possibilidade da averiguação de medidas precisas e exatas que sirvam de referência na calibração dos métodos de estimativa da ET usados pelos irrigantes, tais como as equações empíricas e o método do tanque classe “A”, quando adequadamente instalado e operado cuidadosamente.

Um fator relevante na estimativa do consumo de água de uma cultura é a evapotranspiração que, segundo Doorenbos e Kassam (1994), depende do saber da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), que faz referência às condições climáticas do local do estudo, juntamente com as características fisiológicas e morfológicas da cultura, exibida por meio do seu coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), que integra características da cultura e efeitos da evaporação do solo, alterando no decorrer do seu ciclo devido a sua taxa de crescimento e, assim, da variação da cobertura do solo (ALLEN et al., 1998).

Dentre os métodos utilizados para determinação da ET<sub>o</sub>, destaca-se o Método de Penman Montheith, recomendado pela FAO, o qual leva em consideração vários dados climáticos, tais como temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade de vento e a radiação global, que são obtidos nas estações meteorológicas automáticas. Normalmente, em ambientes controlados como é o caso das casas de vegetação, não possuem estações localizadas dentro das mesmas, o que muitas vezes impede que se faça uso deste método pela falta dos dados necessários. Portanto, devido a estas circunstâncias, o método do tanque classe A, torna-se mais viável, pela facilidade no seu manejo e na determinação da evapotranspiração de referência.

## **2.6 Fenologia**

A fenologia estuda as alterações e transformações externas (morfologia) e as mudanças que são referentes ao ciclo da cultura. Ela é na verdade o estudo de como a planta progride ao longo de suas fases distintas: germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação, formação das sementes e maturação.

Fernandez & Lopes (1986), descrevem os estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, apresentando suas fases vegetativas e reprodutivas com suas respectivas características, conforme mostrado na tabela 02.

**Tabela 2** - Resumo dos estádios vegetativos e reprodutivos do feijoeiro.

<b>Estádios Vegetativos</b>		<b>Início de cada etapa</b>	<b>Dias</b>
V0	Germinação	Sementes em condições de germinar	5
V1	Emergência	50% das plântulas c/ cotilédones acima do nível do solo	2-3
V2	1 <sup>as</sup> folhas	50% das plantas c/ folhas primárias abertas	4
V3	1 <sup>a</sup> folha trifoliolada	50% das plantas c/ 1 <sup>a</sup> folha trifoliolada aberta	5-9
V4	3 <sup>a</sup> folha trifoliolada	50% das plantas c/ a 3 <sup>a</sup> folha trifoliolada aberta	7-15
<b>Estádios reprodutivos</b>		<b>Início de cada etapa</b>	<b>Dias</b>
R5	Pré-floração	50% das plantas c/ pelo menos 1 botão floral	9-11
R6	Floração	50% das plantas c/ pelo menos 1 flor aberta	4-6
R7	Formação vagens	50% das plantas c/ pelo menos 1 vagem visível	8-9
R8	Enchimento vagens	50% das plantas c/ grão em enchimento na 1 <sup>a</sup> vagem	18-24
R9	Maturação	50% das plantas c/ mudança de cor nas vagens	14-15

Fonte: Fernandez et al. (1986).

## 2.7 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura

Segundo Loomis & Amthor (1999), quase todas as plantas tem um tipo de crescimento sigmóide, ou seja, no início do ciclo o crescimento é lento, aumentando progressivamente até atingir um ponto máximo e se estabilizar.

Referente ao crescimento da cultura do feijoeiro é importante salientar que o mesmo é afetado pelas condições mesológicas. Tratando-se de controle do desenvolvimento e produtividade desta planta a temperatura é a principal influência ambiental (ARRUDA et al., 1980; WALLACE et al., 1991).

O crescimento e o desenvolvimento das culturas são o resultado de parâmetros genéticos e ambientais, assim torna-se oportuno a chance de melhoria das técnicas utilizadas mediante à produção. O nitrogênio (N) é um macronutriente exigido em quantidade mais elevada pelas culturas agrícolas, pois o crescimento e desenvolvimento das plantas são extremamente dependentes da disponibilidade deste nutriente. Esta dependência acontece devido às funções do N no metabolismo das plantas, auxiliando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Devido o nitrogênio ser um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no sistema solo-planta, o manejo correto da adubação nitrogenada é considerado um dos mais complicados. Assim, considera-se importante determinar a curva de resposta da cultura, relacionando-o ao nutriente, e aplicar o método mais apropriado de sua aplicação, pois este interfere no comportamento do N no solo e sua eficiência para as culturas (FAGERIA et al., 1999).

Segundo Faravin et al. (2002), o índice de área foliar ( $m^2 m^{-2}$ ), diz que a relação entre a área foliar da planta e a área do terreno utilizada pela cultura, sendo esta uma variável relevante como fator indicativo da produtividade.

Reis (1984) citou vários trabalhos referenciados aos índices fisiológicos conseguidos na cultura do feijoeiro. O índice de área foliar (IAF) alternou de 1,0 a 7,6  $m^2 m^{-2}$ , com o desenvolvimento da cultura. Pereira (1994) notou efeito considerável do nitrogênio em cobertura para massa de cem grãos, número e massa de grãos por vagem, e, ainda, que a produtividade elevou-se conforme o aumento da dose de N em cobertura. A produtividade de grãos foi relacionada com IAF e duração de área foliar (DAF), e a senescência precoce das folhas foi maior na ausência de nitrogênio.

De acordo com Reichert (2012), o nitrogênio aplicado no feijoeiro muda positivamente a altura das plantas, número de ramos por planta, de nós na haste principal e nos ramos, bem como número de vagens por ramo e por planta e também na massa de mil grãos. Outro parâmetro estudado é o diâmetro do caule que pode ser verificado a partir de medições da expansão do mesmo com o paquímetro digital, tão logo acima do solo. Salgado et al. (2012) comparando cultivares de feijoeiro distintas, notou média entre 5,1 e 6,8 mm de diâmetro do caule.

## 2.8 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais requisitados pelos vegetais. Uma proporção da quantidade de N essencial pelas culturas pode ser suprida pelo solo, no entanto, em vários casos o solo não é capaz de atender toda a demanda por N, tornando-se primordial a fertilização nitrogenada (GIRACCA & NUNES, 2015).

Para a cultura do feijão, a quantidade de fertilizantes muda conforme a época de plantio, quantidade e tipo de resíduo largado na superfície do solo pela cultura prévia, e com a expectativa de rendimento. Normalmente, varia de 60 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo indicada a aplicação em duas vezes (EMBRAPA, 2003).

Na cultura do feijão, o nitrogênio é o macronutriente mais sorvido (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994), dando estímulo ao crescimento vegetativo da planta. Mesmo que se trate de uma leguminosa, o N conseguido pela fixação simbiótica não é suficiente para as plantas obterem rendimentos consideráveis. Ressalta-se também que sua aplicação estimula a absorção dos demais nutrientes.

O N tem um importante papel no metabolismo vegetal, tendo como funções as reações enzimáticas nos vegetais, molécula de clorofila, faz parte das vitaminas biotina, tiamina, niacina, riboflavina, além de agir na produção e uso de carboidratos (GIRACCA & NUNES, 2015).

Ambrosano et al. (1996), analisando a aplicação de N em cobertura no cultivo de feijão irrigado no inverno, verificaram que a produtividade tende a ser maior pelo incremento de N, e que as doses aplicadas em cobertura foram mais eficazes do que as aplicadas somente na semeadura, com melhor época de aplicação no 25 dias após a emergência (DAE).

Geralmente a muitas dúvidas relacionadas a aplicação de N pelos produtores. O fertilizante nitrogenado encareceu muito atualmente, porém a minimização de N nas culturas podem causar danos significativos de produtividade e como consequência pode ocasionar prejuízos. Nesse contexto, os produtores tem realizado a aplicação de N para reduzir o risco de deficiência, às vezes exageradamente, causando então custo adicional desnecessário. (SHAPIRO et al., 2006).

O diagnóstico é necessário se há necessidade ou não da aplicação de N na planta. Com essa finalidade, um método empregado que tem se sido eficiente é a medição do índice de clorofila nas folhas das plantas (EMBRAPA, 2012).

## 2.9 Medidor portátil de clorofila (Clorofilômetro)

Os métodos usuais de determinação do teor de clorofila na folha impossibilitam a preservação de amostras de tecido e exige mais trabalho nos processos de extração e quantificação. Contudo, há o método de verificação através do medidor portátil de clorofila, que possibilita medições instantâneas do valor referente ao seu teor na folha sem danificá-la.

O método Dumas (utiliza o princípio da combustão) foi criado em 1831, é muito adequado devido sua velocidade de análise, segurança, clareza de resultados finais, produtividade e custo por análise, porém antigamente a principal dificuldade era devido a falta de tecnologia. Outro método que surgiu foi o teste de Kjeldahl (TKN), criado em 1883 e na época revolucionou a quantificação de nitrogênio e proteína, atualmente é o método mais usual no mundo inteiro. Este método, é composto por três principais etapas para se obter a verificação de nitrogênio ou proteína que são: digestão, destilação e titulação. Este método pode levar até 2 horas para que se possa ter um resultado final, e este tempo pode mudar dependendo do tipo da amostra (SALOMÃO, 2014).

De acordo com Wang et al. (1993), ambas as técnicas são corretas e comparáveis quando a concentração de nitrogênio é de aproximadamente  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ . Para concentrações mais baixas, o método mais usual é o TKN que, entretanto, em concentrações menores que  $25 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N}$ , tem altos coeficientes de variação.

Os métodos mais comuns usados para verificar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido, portanto é muito trabalhoso nos processos de extração e quantificação (DWYER et al., 1991; ARGENTA et al., 2001).

Um método bastante usual para a obtenção da deficiência de nitrogênio é a análise foliar, que apesar de ser precisa é limitada devido ao seu custo elevado e tempo no decorrer da análise. A quantidade de amostras também é outro fator desvantajoso nesse processo. A taxa de amostragem, conforme as técnicas de agricultura de precisão, não permite viabilizar economicamente seu uso. Como o nitrogênio faz parte da constituição da molécula de clorofila, a verificação da necessidade de N pela planta pode ser obtida pela mensuração indireta do teor de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997).

A utilização do medidor portátil de clorofila propicia leituras imediatas, de um modo não destrutivo de folhas, surge como opção de indicação do nível de N na planta. As leituras realizadas pelo clorofilômetro se correlacionam ao teor de clorofila presente na folha da planta (TAKEBE & YONEYAMA, 1989).

A obtenção do teor de clorofila pelo clorofilômetro mostra-se vantajoso no que se refere ao método de extração de clorofila. Pode-se destacar: o resultado instantâneo do teor de clorofila na folha e o fato do equipamento ter um custo baixo de manutenção (PIEKIELEK & FOX, 1992).

Furlani Júnior et al. (1996) analisaram as leituras notadas com o clorofilômetro nas folhas de feijoeiro, cultivar Carioca, cultivado em seis doses de N, em dois ensaios em casa de vegetação, um em solução nutritiva e outro em solo, e averiguaram correlações boas entre a leitura e as doses de N fornecidas, bem como a leitura e os níveis de N nas folhas.

Os métodos usuais de determinação do teor de clorofila na folha impossibilitam a preservação de amostras de tecido e exige mais trabalho nos processos de extração e quantificação. Contudo, há o método de verificação através do medidor portátil de clorofila, que possibilita medições instantâneas do valor referente ao seu teor na folha sem danificá-la.

## **2.10 Parâmetros de avaliação para produção da cultura**

Na cultura do feijoeiro, os componentes a serem avaliados para obtenção da produção são: número de plantas por metro quadrado, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de cem grãos (PORTES, 1996).

A produtividade de grãos do feijão é muito correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos (COSTA & ZIMMERMANN, 1988; COIMBRA et al., 1999). De acordo com as condições climáticas, alguns fatores da produção se elevam e outros diminuem, tornando fácil a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (COSTA et al., 1983).

Para o número de vagens por planta, os ajustes foram progressivos conforme as doses aplicadas até a dose máxima de 127 kg ha<sup>-1</sup>, conferindo o efeito positivo da utilização do fertilizante nitrogenado sobre o número de vagens por planta (CALVACHE et al., 1995; DINIZ, 1995; ANDRADE et al., 1998; SORATTO et al., 2014).

Conforme Portes (1996), uma quantidade insuficiente deste nutriente acarreta à planta a produção de menos flores, e conseqüentemente, em menor número de vagens.

De acordo com Pelegrin et al. (2009), a variabilidade nos resultados do feijoeiro às doses de N, em experimentos distintos, tem sido notada em especial função dos níveis de fertilidade do solo e outras técnicas usadas nos sistemas produtivos, com destaque para o uso de sistemas de irrigação.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Local e época da realização do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido em estufa localizada na Universidade Federal do Pampa, em Alegrete – RS. Situado a 102 metros de altitude, as coordenadas geográficas: Latitude  $-20^{\circ}47'5''$ ; Longitude  $-55^{\circ}46'33''$ . O clima da região é subtropical, temperado quente, com chuvas bem distribuídas e estações bem definidas (Cfa na classificação de Köppen).

A temperatura média anual é de  $18,6^{\circ}\text{C}$ , variando entre  $13,1^{\circ}\text{C}$  em julho e  $35,8^{\circ}\text{C}$  em janeiro. A temperatura mínima observada desde 1931 foi de  $-4,1^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $40,4^{\circ}\text{C}$ . A formação de geadas ocorre eventualmente entre maio e setembro. A umidade relativa média do ar é de aproximadamente 75% em todos os meses do ano, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

**Figura 1** – Vista da casa de vegetação, Unipampa – Campus Alegrete, 2015.



O experimento realizou-se no ano agrícola 2016/17, abrangendo o período de agosto/2016 a dezembro/2016.

### 3.2 Obtenção de dados

#### 3.2.1 Solo

O solo utilizado no trabalho é proveniente de Argissolo vermelho distrófico arênico, unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008). O mesmo foi retirado da área

experimental do setor de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Campus Alegrete. Embrapa (2006) descreve como característica deste tipo de solo com textura arenosa desde a superfície até pelo menos 50 cm e no máximo 100 cm de profundidade e horizonte B textural dentro de 200 cm da superfície do solo. Ressalta-se que esta textura arenosa pode influenciar a aplicação do nitrogênio, pois pode perder-se parte desta através de lixiviação.

### 3.3 Implantação e condução do experimento

#### 3.3.1 Semeadura

A semeadura do feijão foi realizada manualmente no mês de agosto de 2016. As sementes foram submetidas ao tratamento fitossanitário com inoculante, foram semeadas seis sementes por vaso, e posterior a emergência das plantas foi realizado um raleio, visando obter três plantas por vaso. Os vasos com capacidade para 20 litros.

**Figura 2** – Modelo de vaso utilizado no experimento. Alegrete, 2015.



### 3.3.2 Cultivar utilizada

De acordo com a Embrapa (2004), a cultivar BRS Valente destaca-se pela produtividade, ampla adaptação, qualidade de grão, porte ereto e resistência ao acamamento, durante todo o seu ciclo, que varia de 80 a 94 dias. Adequado para os estados de Goiás/Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Na semeadura devem ser utilizadas 15 sementes metro<sup>-1</sup> com intuito de garantir uma população de 12 plantas metro<sup>-1</sup> na colheita. O espaçamento entre linhas recomendado é de 40 a 50 cm.

O mercado consumidor tem preferência por este tipo de grão pois este conta com excelente aspecto visual e cocção rápida com caldo grosso de cor marrom chocolate. Possui resistência ao mosaico comum, reação intermediária à ferrugem e mancha angular; sob inoculação artificial, apresenta resistência a diversos patótipos do fungo causador da antracnose.

Algumas das principais características da cultivar escolhida para o experimento, segue na tabela 03.

**Tabela 3** - Características da cultivar BRS Valente.

Tipo de Planta	Arbustiva, indeterminado (tipo II)
Porte	Ereto
Cor da flor	Violeta
Nº de dias para floração	40-53 dias
Cor da semente	Preta
Brilho	Opaco

**Fonte:** Embrapa (2003).

### 3.3.3 Tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo composto por cinco tratamentos de adubação, com quatro repetições. Os tratamentos e suas respectivas doses de nitrogênio aplicadas seguem na tabela 4:

**Tabela 4** - Tratamentos e suas doses de nitrogênio aplicadas.

<b>Tratamentos</b> N (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
	<b>15 DAE</b>	<b>30 DAE</b>	<b>45 DAE</b>
<b>0</b>	0	0	0
<b>60</b>	20	20	20
<b>120</b>	40	40	40
<b>180</b>	60	60	60
<b>240</b>	80	80	80

Os tratamentos foram denominados conforme sua dose de aplicação de N: T0 – 0 kg ha<sup>-1</sup>, T1 – 60 kg ha<sup>-1</sup>, T2 – 120 kg ha<sup>-1</sup>, T3 – 180 kg ha<sup>-1</sup> e T4 – 240 kg ha<sup>-1</sup>.

O tratamento 4, com maior disponibilidade de N do que o recomendado, foi utilizado como parcela de referência (devido a alta dosagem aplicada não é possível haver deficiência de N), sendo assim, a sua adubação nitrogenada foi aplicada nas três datas pré-definidas (15, 30 e 45 DAE) independente da tomada de decisão realizada. Já o tratamento 0, com dose de 0 kg ha<sup>-1</sup>, não foi aplicada em nenhuma das datas pré-definidas, independente da tomada de decisão realizada.

Na semeadura foi realizada a adubação de base conforme recomendação para a cultura do feijão, com formulação de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) de 4-16-8, respectivamente. A fonte de aplicação de Nitrogênio foi realizada através de uréia, a qual contém 45% de N em sua composição.

### 3.3.4 Determinação do índice de clorofila

Foram realizadas duas leituras por folha, sendo três folhas no trifólio inferior e três folhas no trifólio superior, porém na primeira medição realizada (15 DAE) a cultura possuía apenas um trifólio, sendo então realizadas apenas três medidas. Ressalta-se ainda que as duas medições por folha foram realizadas no comprimento da folha, a um terço da parte superior e outra a um terço da parte inferior. Para tomada de decisão da aplicação de N nos tratamentos, foi calculado o Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), proposto por Hussain et al. (2000), que é obtido através da relação das medidas dos valores das leituras do clorofilômetro,

modelo Minolta SPAD-502 Plus, em cada parcela (LA) e na parcela referência (LR) pela seguinte equação:

$$\text{ISN (\%)} = (\text{LA} / \text{LR}) \times 100 \quad (1.0)$$

Quando o ISN for maior ou igual a 95%, não será aplicado N em cobertura e quando o ISN for menor que 95% serão aplicadas as doses anteriormente citadas, nas suas respectivas parcelas, aproximadamente 24 horas após a determinação do índice relativo de clorofila (IRC). Caso não haja necessidade de aplicação de nitrogênio aos 15, 30 e 45 DAE, o mesmo não será aplicado.

Um ISN menor que 95% indica deficiência de N que deve ser corrigida para que não ocorra uma perda significativa de produtividade (PETERSON et al., 1993; SHAPIRO et al., 2006).

### 3.3.5 Tratos culturais

A medida que foi necessário foram executados os tratos culturais de modo homogêneo em todos os vasos, de forma a conservar todo experimento sem interferência de plantas daninhas, pragas e doenças.

### 3.3.6 Manejo da irrigação

A irrigação total foi realizada manualmente e a lâmina de reposição foi de 100% da Evapotranspiração da cultura, sendo esta, calculada com base nos dados diários de evaporação do tanque classe A, localizado dentro da casa de vegetação, com turno de rega fixo em intervalos de dois dias entre as irrigações, a evapotranspiração da cultura foi determinada através da seguinte expressão:

$$\text{ETc} = \text{Ev} \cdot \text{Kp} \cdot \text{Kc} \quad (2.0)$$

Onde:

ETc - Evapotranspiração da cultura (mm);

Ev - Evaporação do tanque (mm);

Kp - Coeficiente do tanque (adimensional);

Kc - Coeficiente de cultura (adimensional).

### 3.3.7 Parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta

#### 3.3.7.1 Índice de área foliar

As determinações de área foliar tiveram início aos 18 DAE, sendo as determinações realizadas em uma planta por repetição, totalizando quatro plantas por tratamento.

A área foliar das plantas foi determinada através do produto das medidas de comprimento e maior largura de cada folha, multiplicada pelo coeficiente de 0,75 (STICKLER et al., 1961). As medidas foram feitas em três trifólios planta<sup>-1</sup>, sendo um trifólio na parte inferior da planta, um trifólio na parte intermediária e um trifólio na parte superior da planta. A estimativa do índice de área foliar foi verificada através da seguinte expressão:

$$IAF = \frac{(CM \times LM) \times 0,75 \times NF \times NPL}{10000} \quad (3.0)$$

Onde:

CM = média do comprimento das folhas;

LM = média da largura das folhas;

0,75 = fator de correção;

NF = número de folhas;

NPL = número de plantas m<sup>-2</sup>.

#### 3.3.7.2 Altura de plantas

No decorrer das medições de área foliar, também foram executadas as medidas de altura de planta, estas foram obtidas medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha, esta medição foi realizada com auxílio de uma régua graduada. Juntamente a estas medidas realizou-se a contagem do número de trifólios por planta.

### 3.3.8 Componentes de produção e matéria seca total

#### 3.3.8.1 Matéria seca total

A verificação da matéria seca foi realizada no final do ciclo (aos 113 DAE), a partir da coleta de três plantas por repetição, o que totaliza sessenta plantas, as quais foram cortadas rente ao solo e condicionadas em sacos padronizados para secagem em estufa durante o período de 72 horas a 65°C.

#### 3.3.8.2 Produtividade

No momento em que as plantas atingiram a umidade ideal para a colheita, analisaram-se os componentes de produção e foram contabilizados o número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e peso de mil sementes.

Para obter a estimativa da produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), foi utilizada a seguinte expressão:

$$PG = 11,5 \times NPL \times NVP \times NGV \times PMG \quad (4.0)$$

Onde:

PG = Peso médio do grão (g);

11,5 = Produto do fator de correção da produção para 13% de umidade dos grãos igual a 1,15 e o fator de transformação da produção de grãos (g m<sup>-2</sup>) para a produção de grãos (kg ha<sup>-1</sup>);

NPL = número de plantas m<sup>-2</sup>;

NVP = número de vagens plantas<sup>-1</sup>;

NGV = número de grãos vagem<sup>-1</sup>;

PMG = peso médio do grão (g).

#### 3.3.9 Análise dos resultados

Para a interpretação dos resultados, foi realizada análise de variância utilizando-se o Teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro para interpretação do nível de significância, com o auxílio do software Sisvar 5.3.

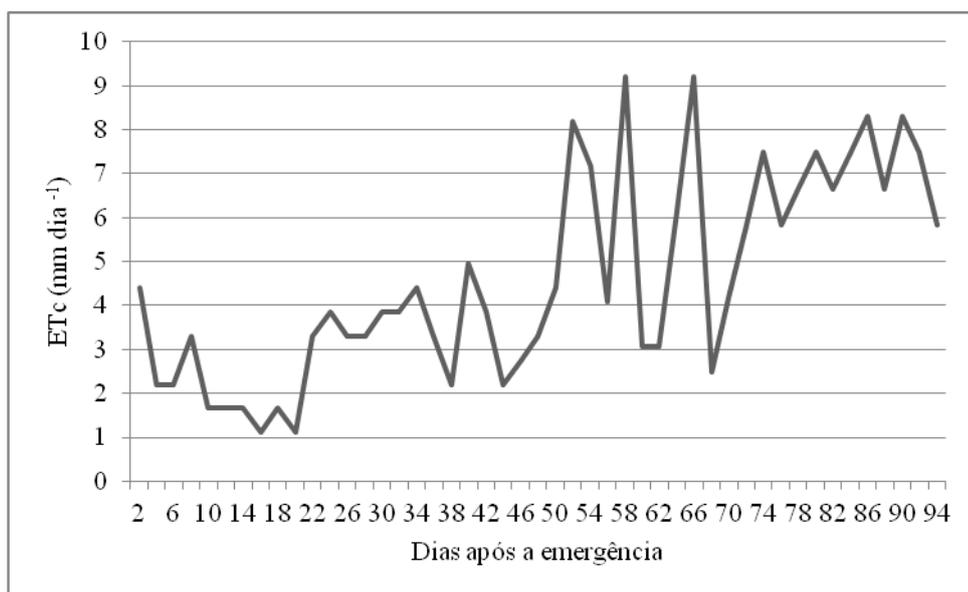
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos, serão mostrados e discutidos os resultados do experimento. Os valores apresentados serão na ordem que se sucede evapotranspiração da cultura, parâmetros de crescimento, componentes de produção e por fim, determinação do índice de clorofila através do medidor portátil Minolta SPAD-502. Ressalta-se que a análise de variância dos parâmetros está exposta nos apêndices, indicados pelo texto.

### 4.1 Evapotranspiração da cultura

Por se tratar de um experimento em casa de vegetação, se fez necessária a utilização da prática da irrigação total. A figura 3 apresenta a evapotranspiração da cultura durante todo o ciclo do feijoeiro. Através dela, observa-se que a  $ET_c$  manteve-se mais baixa no início do ciclo, compreendendo os meses de agosto e setembro, após esse período, a mesma apresentou um crescimento, atingindo um pico de  $6,14 \text{ mm dia}^{-1}$  dos 50 aos 60 dias após a emergência, inferindo no estágio de maturação fisiológica do feijoeiro, ou seja, quando ocorre o enchimento dos grãos.

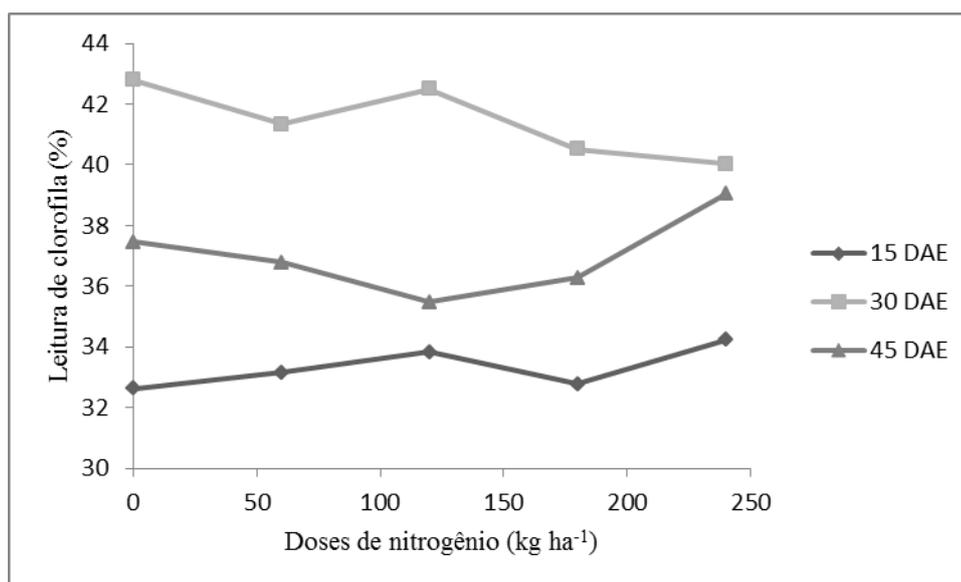
O consumo hídrico diário dificilmente excede  $3,0 \text{ mm}$ , quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002), portanto está próximo do resultado encontrado no experimento que é de  $2,30 \text{ mm dia}^{-1}$ .



**Figura 3** – Evapotranspiração da cultura para a cultura do feijoeiro.

#### 4.2 Índice de clorofila e aplicação de nitrogênio

A média das leituras de clorofila realizadas com o auxílio do medidor portátil entre os tratamentos são apresentadas na figura 4, para os três períodos pré-definidos de 15, 30 e 45 DAE.



**Figura 4** – Leituras do clorofilômetro nas plantas do feijoeiro.

Através das médias das leituras de clorofila entre os tratamentos, apresentadas na figura 4 foi possível determinar o Índice de suficiência de nitrogênio (ISN), como mostra a tabela 5.

**Tabela 5** – Índice de suficiência de nitrogênio (ISN) nos tratamentos para o feijoeiro.

N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dias após a emergência		
	15	30	45
0	95,30	106,88	95,97
60	96,85	103,27	94,26
120	98,83	106,13	90,90
180	95,73	101,21	92,93
240	100,00	100,00	100,00

É possível perceber que o medidor de clorofila modelo Minolta SPAD-502 Plus indicou a aplicação de nitrogênio apenas aos 45 DAE para todos os tratamentos, exceto para o tratamento sem aplicação de nitrogênio, que obteve ISN maior que o recomendado para aplicação do mesmo. Desta forma, todos os tratamentos receberam suas respectivas doses de N aos 45 DAE.

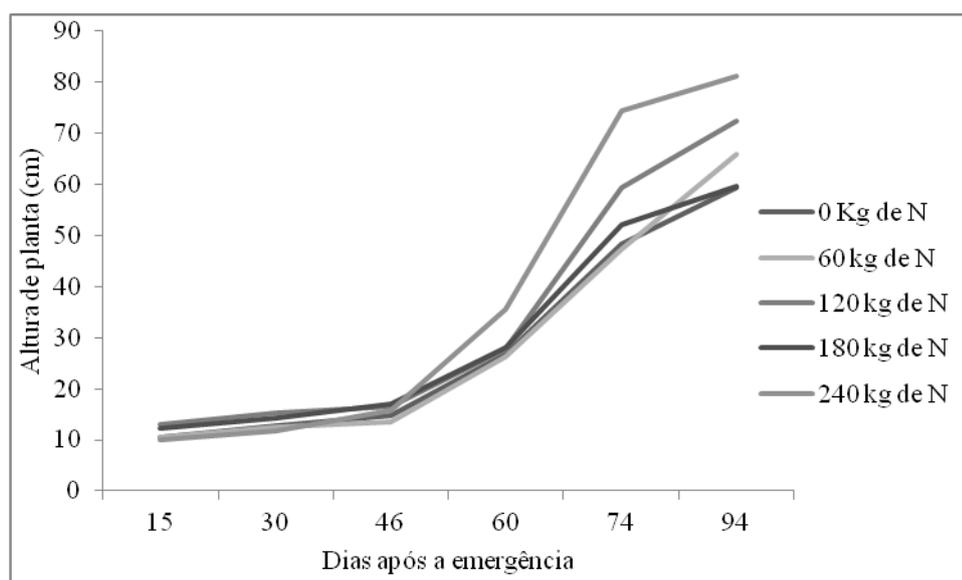
### 4.3 Parâmetros de crescimento

Neste item, serão apresentados os resultados referentes ao crescimento das plantas de feijão (altura de plantas e índice de área foliar) conforme a adição de nitrogênio dentre os tratamentos.

#### 4.3.1 Altura de planta

Para o parâmetro altura de plantas, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, mostrando que as doses de nitrogênio aplicadas posteriormente a sementeira, não interferiram neste parâmetro, conforme mostra a ANOVA no apêndice A.

A altura média encontrada ao final do ciclo da cultura foi de 67,63 cm, bem inferior ao encontrado por Meira et al. (2005), que obtiveram altura média de plantas de 80,8 cm em feijoeiro irrigado.



**Figura 5** - Influência do nitrogênio aplicado sobre a altura de plantas de feijão.

Apesar de não haver diferença estatística significativa ao final do ciclo, é possível perceber que do tratamento com 240 kg de N para o tratamento com aplicação de 0 kg de N, houve um decréscimo de aproximadamente 22 cm. Esta informação está de acordo com Malavolta (2006), que ressalta que os maiores valores deste parâmetro correlacionam-se com as doses maiores de nitrogênio na planta, isto ocorre, em decorrência das funções desempenhadas pelo nitrogênio, como componente estrutural de macromoléculas e enzimas, envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo das plantas.

#### 4.3.2 Índice de área foliar

A evolução do índice de área foliar (IAF) para os diferentes tratamentos com aplicação de nitrogênio é apresentada Tabela 6.

É possível observar que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos conforme a adição de nitrogênio. A ANOVA para as diferentes épocas de verificação do IAF encontra-se no APÊNDICE B.

**Tabela 6** - Influência do nitrogênio aplicado sobre o índice de área foliar do feijão.

N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dias após a emergência					
	15	30	46	60	74	94
0	0,21	0,51	1,14	5,04	4,11	1,56
60	0,12	0,34	1,01	5,11	5,00	1,18
120	0,34	0,53	1,10	5,42	4,50	0,90
180	0,25	0,54	1,21	6,05	5,38	1,17
240	0,08	0,38	0,94	5,15	4,24	1,19
<b>Média</b>	0,19	0,46	1,08	5,35	4,64	1,19
<b>CV (%)</b>	74,72	50,42	33,89	29,12	16,41	45,30

\*Significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Ainda observando a tabela 6, observa-se que todos os tratamentos apresentaram crescimento no IAF até os 60 DAE, após esse período ocorreu o decréscimo do IAF, inferindo-se na maturação fisiológica das plantas acompanhado da senescência das folhas, e

apresentando comportamento normal e esperado, por se tratar de uma cultura anual. O maior IAF foi notado no tratamento com 180 kg de N aplicado, apresentando valor de  $6,05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ .

Monteiro et al. (2012) estudando os efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agronômicas da cultura do feijão obteve valor máximo de IAF de  $8,30 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  aos 59 DAS.

No tratamento com dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , no valor de IAF obtido aos 94 DAE há uma redução considerável que se explica pelo fato de que uma de suas repetições estava com seu estágio fenológico avançado (total senescência de folhas) em comparação aos demais, resultando assim num índice menor.

#### **4.4 Componentes de produção**

Neste item, serão apresentados os resultados referentes à produtividade do feijoeiro, conforme a adição de nitrogênio dentre os tratamentos.

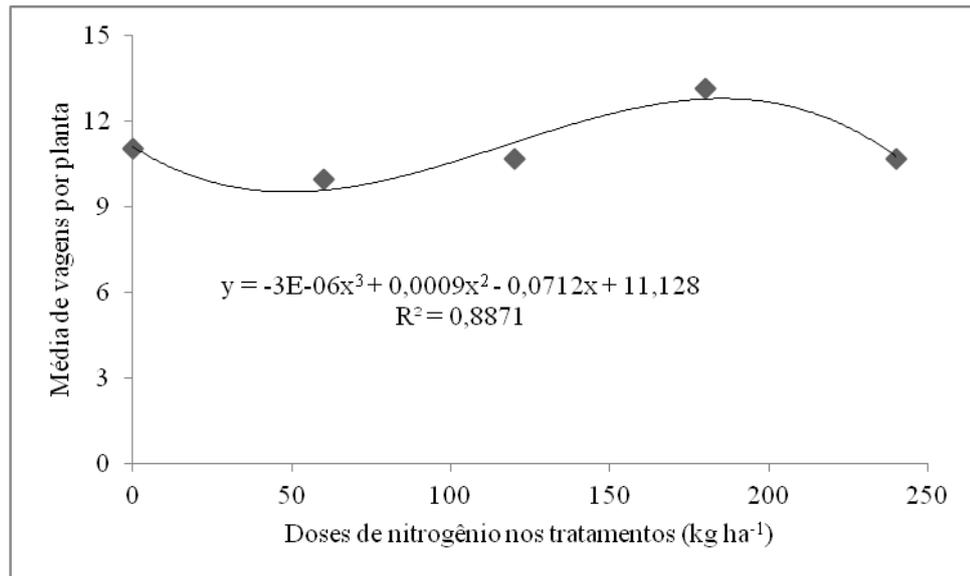
##### **4.4.1 Número de vagens por planta**

A figura 6 apresenta o número de vagens por planta obtido pelos tratamentos.

Os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa, como pode ser observado no APÊNDICE C. Esta variável apresentou comportamento polinomial cúbico, sendo que o tratamento com adição de 180 kg de N demonstrou o maior resultado de 13,18 vagens por planta.

Apesar de não ter diferença estatística significativa, os resultados obtidos no experimento mostram um aumento de número de vagens por planta conforme a dose de nitrogênio aplicada e concordam com Alves Júnior et al. (2003) que diz que há influência da aplicação de nitrogênio na semeadura no número de vagens por planta.

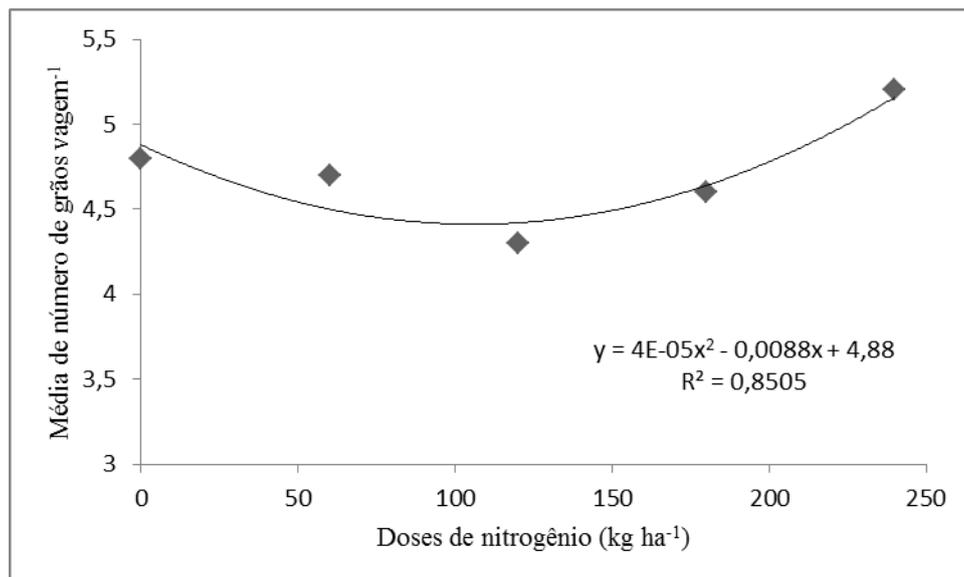
Andrade et al. (1998) verificaram incremento no número de vagens por planta, devido a adubação nitrogenada. Rosolem (1996), diz que houve efeito positivo da aplicação de uréia foliar sobre essa característica. De outra forma, o número de vagens por planta teve influência da aplicação de nitrogênio no solo em cobertura, com os dados se ajustando a uma função linear crescente, apresentando os níveis de N aplicados ao solo proporcionaram acréscimo no número de vagens por planta, como já notado por Silveira e Damasceno (1993).



**Figura 6** - Influência do nitrogênio aplicado sobre o número de vagens planta<sup>-1</sup> do feijão.

#### 4.4.2 Número de grãos por vagem

O número de grãos vagem<sup>-1</sup> não obteve diferença estatística significativa decorrente das diferentes doses de aplicação de nitrogênio. Os valores médios obtidos em cada tratamento variam entre 4,3 e 5,2 grãos vagem<sup>-1</sup>.



**Figura 7** - Influência do nitrogênio aplicado nos tratamentos sobre o número de grãos por vagem.

Carvalho (1994) e Soratto (1999) não determinaram resposta para o uso de molibdênio e nitrogênio. Já Andrade et al. (1998) explica que o número de sementes por vagem é uma característica de alta herdabilidade genética, tendo então pouca influencia do ambiente.

No experimento de Santos et al. (2003), resultou que as doses de N elevaram linearmente o número de grãos por vagem, não dependendo dos métodos utilizados e épocas de aplicação.

#### 4.4.3 Peso médio do grão

A adição de nitrogênio não apresentou influência sobre o peso médio do grão de feijão, não apresentando diferença estatística significativa entre os tratamentos. A média obtida foi de 0,22 g, coincidindo com o determinado pelas informações da cultivar (EMBRAPA, 2004).

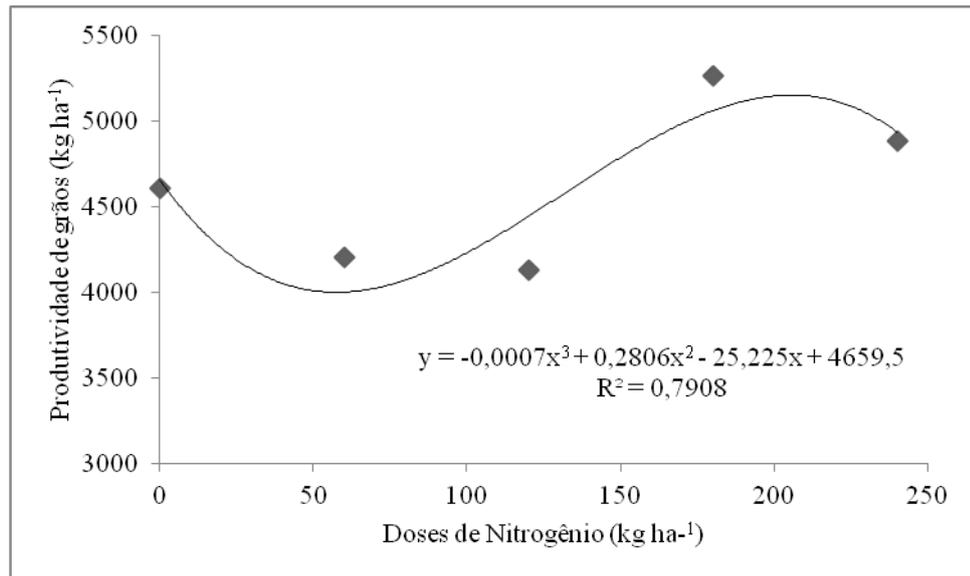
#### 4.4.4 Produtividade de grãos

A figura 8 mostra os resultados para a produção de grãos conforme a adição de nitrogênio.

A produtividade apresentou comportamento polinomial cúbica e não demonstrou diferença estatística significativa entre os tratamentos, independente da quantidade de nitrogênio aplicada, como pode ser visto no APÊNDICE E

O tratamento com dose de nitrogênio de 60 kg ha<sup>-1</sup> obteve a menor produção que foi de 4607,67 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto o tratamento com dose de nitrogênio de 180 kg ha<sup>-1</sup> obteve uma produção de 5270,62 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando que o número de vagens planta<sup>-1</sup> interfere diretamente na produção final da cultura do feijoeiro.

Santos (2003) encontrou uma dose para a máxima eficiência, ou seja, foi a que propiciou 90% do valor mais elevado na produtividade de grãos com aplicação de 108 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados diretamente ao solo aos 20 DAE. Este efeito do N pode ser atribuído à sua disponibilidade mais elevada na época do florescimento, o que resulta em proveitos diretos para os componentes da produtividade. Kikuti et al. (2002) estimaram as respostas mais elevadas de produtividade com as doses de 170, 124 e 191 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, nos cultivos sob irrigação e na estação com chuvas de 2000/2001 e 2001/2002, respectivamente.



**Figura 8** - Influência das diferentes doses de nitrogênio aplicada sobre a produção de grãos do feijão.

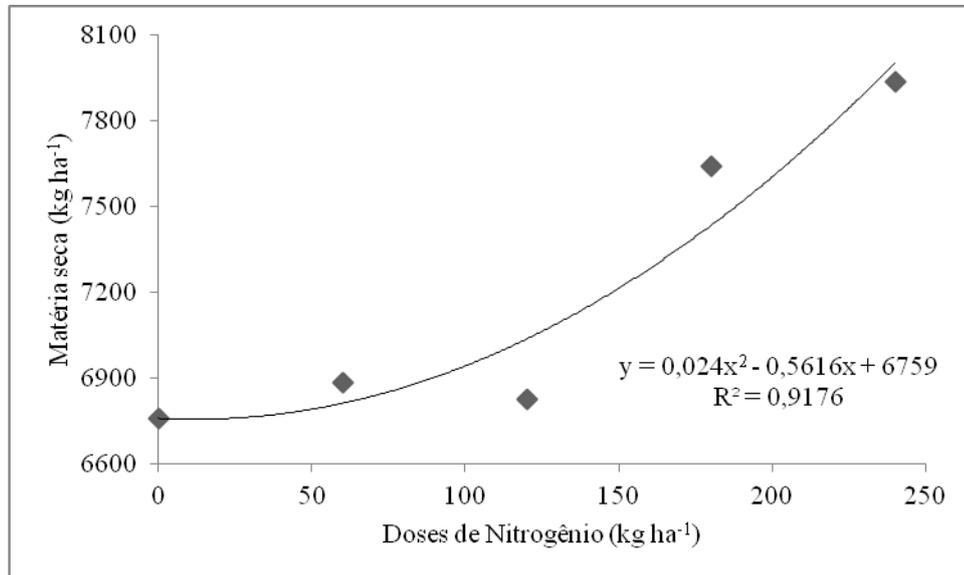
Carvalho et al. (2001), em experimento observando maneiras de aplicação e fontes (uréia e sulfato de amônio), no feijoeiro de inverno, verificaram que as fontes de N influenciaram a produtividade de grãos, na qual a uréia obteve como a melhor fonte. Andrade et al. (1998), Alvarez et al. (2005) e Meira et al. (2005) notaram que a aplicação da adubação nitrogenada no feijoeiro elevou a produtividade de grãos, demonstrando-se, assim, que o solo não é incapaz de oferecer o suprimento que as plantas exigem, que, por sua vez, têm necessitado quantidades elevadas do elemento, haja vista a resposta linear. Cardoso et al. (1978) obtiveram acréscimos lineares na produtividade de grãos com a aplicação com máximo de 150 kg ha<sup>-1</sup> de adubação nitrogenada.

Já Rapassi et al. (2003), testando 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N com duas fontes, uréia e nitrato de amônio, no sistema plantio direto, notaram que as doses de N aplicadas não influenciaram nos níveis de produtividade.

#### 4.4.5 Produção de matéria seca

Na figura 9, são apresentados os resultados referentes à matéria seca para a cultura do feijão. A mesma mostra o comportamento polinomial quadrático não apresentando diferença estatística significativa, que pode ser observado no APÊNDICE F.

Estes resultados demonstram que a adição de nitrogênio sobre a cultura do feijão não interferiu estatisticamente na produção de matéria seca apresentando média de 7209,52 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 9** – Influência das diferentes doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca do feijão.

Chidi et al. (2002), nos anos 1997 e 1998 destacam que as respostas obtidas pela matéria seca da parte aérea de plantas foram influenciadas apenas pela aplicação de N no solo. Devido ao aumento na função linear, mostra-se que os níveis de N aplicados ao solo, remetem a maior valor da matéria seca de plantas. Os resultados são concordantes com Camargo (1975) e Silveira e Damasceno (1993), que afirmaram a influência do N na fotossíntese e crescimento da planta, este devido fazer parte integrante da molécula de clorofila. Já no ano seguinte, 1998, não foi verificada influência significativa.

Fernandes et al. (2005), afirmam que existe influência de aplicação de nitrogênio referente à produção de matéria seca, independente dos tratamentos. A aplicação de N eleva o seu teor no solo e, conseqüentemente, acrescenta a absorção desse macronutriente pelas raízes, elevando assim a produção de matéria seca. Os resultados concordam com os obtidos por Chidi (1999), que notou incremento na matéria seca da planta com a introdução de N via solo.

## 5 CONCLUSÕES

Conforme a condução do experimento e as condições encontradas, pode-se concluir que:

O índice de área foliar apresentou-se crescente até os 60 DAE para todos os tratamentos, após esse período este parâmetro decresceu, mostrando comportamento normal por se tratar de uma cultura anual. Os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa, e o maior valor encontrado foi de  $6,05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ .

Os valores de número de grãos  $\text{vagem}^{-1}$  e peso médio do grão não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, e obtiveram médias de 4,68 g e 0,22 g, respectivamente.

A maior produtividade de grãos foi obtida no tratamento com dose de aplicação de N com  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  que resultou em  $5270,62 \text{ kg ha}^{-1}$  e a menor produção de grãos foi obtida no tratamento com dose de aplicação de N de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  que resultou em  $4607,67 \text{ kg ha}^{-1}$ , porém os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa, indicando que doses de N além da quantidade aplicada na semeadura não se faz necessário, neste caso, visando a máxima produção do feijoeiro.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68 p.

AGRONOMIA DIGITAL. **Feijão**. Disponível em: <<http://agronomiadigital.blogspot.com.br/2013/02/feijao.html>> Acesso em: 07 de outubro de 2015.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Roma: **FAO**, 1998. (FAO, irrigation and drainage paper, 56).

ALVAREZ, A. C. C. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2005.

ALVES JÚNIOR, J. et al. **Adubação nitrogenada em dose única no plantio do feijoeiro na safra de inverno**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. Solo: alicerce dos sistemas de produção: Agromídia, Viçosa, 2003. (CD-ROM).

ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El niño e La nina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6 (2): p.249-256, 1998.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, v.53, p.338-341, 1996.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.

ANDRADE, M.J.B. Clima e solo. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORM, A. **Feijão: Aspectos gerais e cultura no estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 83-97.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 6 (1): p.17-20, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLIN, C. G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais. **Ciência Rural**, 2001.

ARRUDA, F. B.; TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. Efeito da temperatura média diária do ar na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.4, p.413-417, abr. 1980.

SANTOS, A. B. et al. **Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, nov. 2003.

BERLATO, M. A., FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 596 p. 1989.

CARDOSO, A. A.; FONTES, L. A. N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 25, n. 139, p. 292-295, 1978.

CALVACHE, M. et al. **Adubação nitrogenada no feijão sob estresse de água**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, 1995.

CAMARGO, P.N. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: La Libreria, 1975.

CARVALHO, E. G. **Efeito do nitrogênio, molibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria - MS**. 1994. Monografia (Trabalho de graduação) - Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira, 1994.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617- 624, 2001.

CARVALHO, M. A. F. et al. **Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro**. EMBRAPA, Goiás, 2012.

CHIDI, S.N.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. **Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado**. Acta Scientiarum, v.24, p.1391-1395, 2002.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; CARVALHO, F. I. F.; COIMBRA, S. M. M.; MARCHIORO, V.S. Análise de trilha I: Análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p.213-218, 1999.

COSTA, J. G. C.; KOHASHI-SHIBATA, J; COLIN, S.M. Plasticidade no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.159-167, 1983.

CUNHA, G. R. da, HAAS, J.C., DALMAGO, G. A. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

CUNHA, P. C. R; SILVEIRA, P. M; NASCIMENTO, J. L; JÚNIOR, J. A. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.17 no.7 Campina Grande, 2013.

DIDONET, A. D. Importância do período de pré-floração na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 505-512, out./dez. 2010.

DINIZ, A. R. **Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de doses de molibdênio foliar**. 1995. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994.

DWYER, L. M.; TOLLENAAR, M.; HOUWING, L. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. **Canadian Journal of Plant Science**, 71: 505-509, 1991.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Sistemas de produção 2. **Cultivo do Feijoeiro Comum**. Disponível em  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/>>  
Acesso em: 07 de outubro de 2015.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijão irrigado na região Noroeste de Minas Gerais.** Versão eletrônica disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrigadoNoroesteMG/irrigacao.htm#tab2>> Acesso em: 07 de outubro de 2015.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do Feijoeiro Comum**, 2003. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/adubacao.htm>> Acesso em: 01 de novembro de 2015.

EMBRAPA Informação Tecnológica. **Feijão: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde.** Brasília, DF, 2003. 203 p.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, DF. 2ª ed, p. 112, 2006.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas.** Brasília: Embrapa-SCT/Embrapa-CNPAF, 1999.

FARAVIN, J. L. et al. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** V.37, n.6, p.769-773, 2002.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M. DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-açúcar irrigada e sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12 (4): p.356-362, 2008.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.

FERREIRA, C. M., Feijão – Mercado. Versão eletrônica disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_69\\_1162003151646.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_69_1162003151646.html)> Acesso em: 15/11/2015.

FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

GIRACCA, E. M. N. & NUNES, J. L. S. **Nitrogênio.** Versão eletrônica disponível em <[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes\\_nitrogenio.aspx](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_nitrogenio.aspx)> Acesso em: 24 de outubro de 2015.

GUERRA, C. P. **Determinação dos coeficientes de cultura e balanço hídrico da cultura do feijão com e sem irrigação suplementar na região de Alegrete – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 92 p. 2015.

GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M. & YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFÓS, p.157-174, 1988.

HUSSAIN, F. et al. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. **Agronomy Journal**, Madison, v.92. n.5, p.875-879, 2000.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>> Acesso em: 07 de outubro de 2015.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M. J. B. de; VIEIRA, N. M. B.; SILVA, V. M. P. e. **Produtividade do feijoeiro-comum em função de doses de nitrogênio e fósforo.** In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. Resumos expandidos... Viçosa: UFV, 2002. p. 709-711.

KLAR, A. E. **Irrigação: Frequência e quantidade de aplicação.** São Paulo: Nobel, 156p. 1991.

LOOMIS, R. J; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity and metabolic efficiencies. **Crop Science**, v.39, n.6, p.1584-1595. 1999.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, Potafós. 319p. 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARIOT, E. J. **Aptidões climáticas, ideótipos e épocas de cultivo do feijoeiro no Paraná.** In: IAPAR. Feijão: Tecnologia e Produção. Londrina: IAPAR. (Informe de pesquisa, 135), p.5-13, 2000.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. da; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças.** Brasília, DF: EMBRAPA - SPI, 60p. 1994.

MATZENAUER, R., BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.9-14, 1998b.

MATZENAUER, R; BERGAMASCHI, H; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II – Relações com evaporação do Tanque Classe “A”, com a evapotranspiração de referências e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998).

MEIRA, F. A. et al. **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MONTEIRO, P. F. C. et al. **Assessing biophysical variable parameter of bean crop with hyper spectral measurements**. ScientiaAgricola, v. 69, n.2, p. 87-94, 2012

MOTA, F.S. da, AGENDES, M.O. de O., SILVA, J.B. da Risco de secas para a cultura da soja em diferentes regiões climáticas e tipos de solo do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, n.394, p.11-30, 1991.

MOTA, F.S. da, AGENDES, M.O. de O., ALVES, E.G.P. et al. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.

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

OLIVEIRA, J. B. DE. **Pedologia aplicada**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2005, 574p.:il.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, A. L. **Efeitos de cinco lâminas de água e três doses de adubação nitrogenada em cobertura, sobre a produção e crescimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 1994. 112f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Federal de São Paulo, Botucatu, 1994.

PEREIRA, L.S. **Necessidades de água e métodos de rega**. Lisboa: Pub. Europa-América, 2004. 313 p.

PEREIRA, V. G. C; GRIS, D. J; MARANGONI, T; FRIGO, J. P; AZEVEDO, K. D; GRZESIUCK, A. E. Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 32-42, 2014.

PETERSON, T. A.; BLACKMER, T. M.; FRANCIS, D. D.; SCHEPERS, J. S. G93-1171 Using a chlorophyll meter to improve N management. 1993. (Historical materials from University of Nebraska-Lincoln Extension, Paper 1353). Disponível em: . Acesso em: 15 mar. 2012

PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v.84, p.59-65, 1992.

PORTES, T. A. **Produção de feijão nos sistemas consorciados**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1996, 50p.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coords.). **Cultura o feijoeiro comum no Brasil**. Potafós, 1996. P. 101-137.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v.64, p.75-82, 2005.

RAPASSI, R.M.A.; SÁ, M.E.; TARSITANO, M.A.A.; CARVALHO, M.A.C. de; PROENÇA, E.R.; NEVES, C.M.T. de C.; COLOMBO, E.C.M. **Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio**. *Bragantia*, v.62, p.397-404, 2003.

RODRIGUES, C. M. **Irrigação localizada na cultura do feijoeiro na Depressão Central – RS**. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria – RS - Brasil, 2009.

REICHERT, P. **Cultura do feijão e nitrogênio no sistema de produção integração lavoura-pecuária**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava -PR, Brasil em 2012.

REIS, W. P. **Análise de crescimento de milho e feijão em monocultivo e consorciados em diferentes arranjos, da semeadura destas culturas**. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 113p, 1984.

REZENDE, R. et. al. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n.4, p.503-511, 2004.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coord.) Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba. Potafós, 1996. p. 353-390.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Encarte de Informações Agronômicas – n. 68 – dezembro, 1994. Disponível em <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/\\$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/69CAB152E9EC329A83257AA0003BC0D4/$FILE/Seja%20Feijoeiro.pdf)> Acesso em 07 de outubro de 2015.

SALGADO, F. H. M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C.; TONELLO, L. P.; PASSOS, N. G.; FIDELIS, R. R. Efeito do nitrogênio em feijão cultivado em terras altas no sul do estado de Tocantins. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. v. 8 n. 1 Jan./Abr. 2012.

SALOMÃO, L. Determinação de nitrogênio e proteína pelos métodos Kjeldahl e Dumas. **Revista Analytica**, São Paulo, Ed. Prol Editora Gráfica, nº 73, 2014.

SALVADOR, C. A. **Feijão - Análise da conjuntura agropecuária**. Disponível em <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2012_13.pdf)> Acesso em: 07 de outubro de 2015.

SHAPIRO, C. A.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; SHANAHAN, J. F. Using a chlorophyll meter to improve N management. Lincoln: University of Nebraska, 2006. (Nebguide, G 1632).

SILVA.C. da.; RIBEIRO. J. R. Zoneamento agroclimático para o feijão (2ª safra) nos Estado de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia . In: KLUTHCOUSKI. J.; STONE. L.F.; AIDAR. H (Org.). **Fundamentos para uma agricultura 101 sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, 2009. p. 97 – 104.

SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. **Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado**. Pesq. Agropecu. Bras., Brasília, v.28, n.11, p1269-1276, 1993.

SILVEIRA, P. M; RAMOS, M. M; OLIVEIRA, R. A. **Manejo da irrigação do feijoeiro com o uso do irrigâmetro**. Circular Técnica, 84, Santo Antônio de Goiás, GO, 2009.

SORATTO, R. P.; PEREZ, A. A. G.; FERNANDES, A. M. Age of no-till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.106, p.809, 2014.

SORATTO, R. P. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar**. 1999. Monografia (Trabalho de graduação) - Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira, 1999.

SOUZA, F. F. et al. EMBRAPA RONDÔNIA. Sistemas de produção 8. **Cultivo do Feijoeiro Comum em Rondônia**, 2005. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/clima.htm>> Acesso em: 07 de outubro de 2015.

STICKLER, F.C., WEARDEN, S., PAULI, A. W. **Leaf area determination in grain sorghum**. *Agronomy Journal*, v.53, p.187-188, 1961.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. Produtividade. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 23 (2): p.161-167, 1988.

STONE, L.F. & PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.521-533, 1994.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAKEBE, M.; YONEYAMA, T. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 23, n. 1, p. 86-93, 1989.

TAVARES, V. E. Q. **Sistemas de irrigação e manejo de água na produção de sementes**. Pelotas, RS, 2007. 182p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2006. 600p.

WALLACE, D.H.; GNIFFKE, P.A.; MASAYA, P.N.; ZOBEL, R.W. Photoperiod, temperature, and genotype interaction effects on days and nodes required for flowering of bean. **American Society for Horticultural Science Journal**, v.116, p.534- 543, 1991.

WANG, D.; SNYDER, M. C.; BOMANN, F. H. Soil Sci. **Soc. Am.** 1993, 57, 1533.

## APÊNDICES

**Apêndice A** - Análise de variância para o índice de altura de planta no cultivo do feijoeiro irrigado com diferentes doses de aplicação de nitrogênio.

<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>15 DAE</b>						
<b>Nitrogênio</b>	4	27,325000	6,831250	2,517	0,0967	14,58
<b>Erro</b>	12	32,575000	2,714583			
<b>Total corrigido</b>	19	65,200000				
<b>Média geral</b>	11,30					
<b>30 DAE</b>						
<b>Nitrogênio</b>	4	32,593000	8,148250	2,113	0,1419	14,83
<b>Erro</b>	12	46,271000	3,855917			
<b>Total corrigido</b>	19	89,068000				
<b>Média geral</b>	13,24					
<b>46 DAE</b>						
<b>Nitrogênio</b>	4	27,503000	6,875750	1,307	0,3222	14,78
<b>Erro</b>	12	63,133000	5,261083			
<b>Total corrigido</b>	19	118,665500				
<b>Média geral</b>	13,24					
<b>60 DAE</b>						
<b>Nitrogênio</b>	4	235,033000	58,758250			
<b>Erro</b>	12	739,507000	61,625583	0,953	0,4672	27,13
<b>Total corrigido</b>	19	1153,285500				
<b>Média geral</b>	28,93					
<b>74 DAE</b>						
<b>Nitrogênio</b>	4	1984,200000	496,050000	2,315	0,1169	25,99
<b>Erro</b>	12	2571,400000	214,283333			
<b>Total corrigido</b>	19	4885,137500				
<b>Média geral</b>	56,32					
<b>94 DAE</b>						
<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	1382,750000	345,687500	1,650	0,2257	21,41
<b>Erro</b>	12	2514,650000	209,554167			
<b>Total</b>	19	4233,437500				

---

**corrigido**

**Média**

67,62

**geral**

---

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**Apêndice B** – Análise de variância para o índice de área foliar no cultivo do feijoeiro irrigado com diferentes doses de aplicação de nitrogênio.

15 DAE						
<b>Nitrogênio</b>	4	0,170859	0,042715			
<b>Erro</b>	12	0,264529	0,022044	1,938	0,1687	74,72
<b>Total corrigido</b>	19	0,523774				
<b>Média geral</b>	0,19					
30 DAE						
<b>Nitrogênio</b>	4	0,140076	0,035019			
<b>Erro</b>	12	0,646772	0,053898	0,650	0,6379	50,42
<b>Total corrigido</b>	19	1.050897				
<b>Média geral</b>	0,46					
46 DAE						
<b>Nitrogênio</b>	4	0,181667	0,045417	0,338	0,8473	33,89
<b>Erro</b>	12	1,613239	0,134437			
<b>Total corrigido</b>	19	2.005715				
<b>Média geral</b>	1,08					
60 DAE						
<b>Nitrogênio</b>	4	2,767360	0,691840	0,285	0,8822	29,12
<b>Erro</b>	12	29,148803	2,429067			
<b>Total corrigido</b>	19	32.292711				
<b>Média geral</b>	5,35					
74 DAE						
<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	4,558493	1,139623	1,959	0,1652	16,41
<b>Erro</b>	12	6,979771	0,581648			
<b>Total corrigido</b>	19	12,435188				
<b>Média geral</b>	4,64					
94 DAE						
<b>Nitrogênio</b>	4	0,887713	0,221928			
<b>Erro</b>	12	3,539319	0,294943	0,752	0,5753	45,30
<b>Total corrigido</b>	19	5,376549				
<b>Média geral</b>	1,19					

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**Apêndice C - Análise de variância do número de vagens por planta.**

<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	23,752000	5,938000	2,615	0,0882	13,57
<b>Erro</b>	12	27,244000	2,270333			
<b>Total corrigido</b>	19	63,149500				
<b>Média geral</b>	11,10					

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**Apêndice D - Análise de variância do número de grãos por vagem.**

<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	1,383000	0,345750	3,301	0,0483*	6,86
<b>Erro</b>	12	1,257000	0,104750			
<b>Total corrigido</b>	19	2,765500				
<b>Média geral</b>	4,71					

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**Apêndice E** - Análise de variância da produtividade de grãos.

<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	3597385,56	899346,391	2,091	0,1450	14,19
<b>Erro</b>	12	5160671,35	430055,945			
<b>Total corrigido</b>	19	10648812,0				
<b>Média geral</b>	4621,51					

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**Apêndice F** - Análise de variância da produção de matéria seca.

<b>Causas da Variação</b>	<b>(GL)</b>	<b>(SQ)</b>	<b>(QM)</b>	<b>(Fc)</b>	<b>Pr&gt;Fc</b>	<b>CV %</b>
<b>Nitrogênio</b>	4	4687347,70	1171836,92	2,012	0,1567	10,59
<b>Erro</b>	12	6988479,12	582373,260			
<b>Total corrigido</b>	19	15342017,1				
<b>Média geral</b>	7209,52					

<sup>1</sup>GL: graus de liberdade; <sup>2</sup>SQ: soma de quadrados; <sup>3</sup>QM: quadrado médio; <sup>4</sup>Fc: F calculado; <sup>5</sup>Pr: Probabilidade; os tratamentos são quantitativos; \*: significativo no teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.