

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
*CAMPUS* DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOSÉ ANTÔNIO COSTA SILVA

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTOS FINANCEIROS DO  
FEIJÃO COMUM IRRIGADO**

Rio Largo, AL

2023

JOSÉ ANTÔNIO COSTA SILVA

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTOS FINANCEIROS DO  
FEIJÃO COMUM IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Agronomia (Produção vegetal) da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração Irrigação e drenagem. Linha de pesquisa: Ecofisiologia de culturas tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Iêdo Teodoro – UFAL

Rio Largo, AL

2023

**Catlogação na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586c Silva, José Antônio Costa  
Crescimento, produtividade e rendimentos financeiros do feijão comum irrigado. / José Antônio Costa Silva – 2023.  
46 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. Iêdo Teodoro

Inclui bibliografia

1. Lamina de irrigação. 2. Evapotranspiração. 3. Altura das plantas.  
I. Título

CDU: 635.652

## TERMO DE APROVAÇÃO

JOSÉ ANTÔNIO COSTA SILVA

MATRÍCULA: 2021107540

### “CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTOS FINANCEIROS DO FEIJÃO COMUM IRRIGADO”

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em 12 de julho de 2023, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Irrigação e Drenagem do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Produção Vegetal” do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

Aprovado em: 12/07/2023

#### Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 IEDO TEODORO  
Data: 29/08/2023 09:46:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Iêdo Teodoro – CECA/UFAL  
Presidente

---

Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra – CECA/UFAL  
Membro

Documento assinado digitalmente  
 ADOLPHO EMANUEL QUINTELA DA ROCHA  
Data: 29/08/2023 08:50:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Adolpho Emanuel Quintela da Rocha  
Membro

## AGRADECIMENTOS

A meus familiares José do Nascimento Silva, Maria Antônia Costa Silva e Maria Angélica pela confiança, carinho e apoio nas horas mais difíceis.

Ao meu orientador Dr. Iêdo Teodoro, pela orientação, confiança, amizade e paciência no decorrer dessa jornada;

Aos professores do laboratório de irrigação e agrometeorologia – LIA, Guilherme Bastos Lyra, Alexsandro Claudio, Marcos Alex, Ricardo Araújo, Ivomberg Dourado, Adolpho Rocha e Igor Cavalcante pela amizade, respeito, pelas sugestões e ajuda na condução dessa pesquisa;

Aos meus amigos de laboratório que contribuíram muito com esse trabalho: Juliana Catonio, Constantino Cavalcante, José Wanderson, Iedo Peroba, Jair Quintela, Tiago Amaral, Thiago Cirilo, Larisse Araújo, Saniel Carlos, Emanuel Araújo, Laysa Mirelly, Arthur, Marcos Antônio, Danilo Nascimento, Marcelo Tertuliano e Marcos Morais pela amizade, descontração, apoio e respeito.

Aos meus amigos Wellington Santos, Eugênio Bulhões, Ramon Sousa, Ivanildo Claudino, Ana Rosa Farias, Hilda Rafaella e Micaely Calixto, pela amizade, apoio e ajuda durante essa caminhada, que fizeram com o caminho percorrido ficasse fácil.

## **CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENDIMENTOS FINANCEIROS DO FEIJÃO COMUM IRRIGADO**

**RESUMO** - As respostas do feijão à diferentes níveis de irrigação é essencial para estimar os rendimentos financeiros dessa cultura e dos sistemas de irrigação. Por isso, essa pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento, produtividade e os rendimentos financeiros do cultivo do feijão irrigado, na Zona da Mata alagoana. O experimento foi conduzido no período de 17/11/2015 a 01/02/2016 no *Campus* de Engenharia e Ciências Agrária (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Os tratamentos foram seis níveis de irrigação, em função da evapotranspiração da cultura –  $ET_C$  (25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da  $ET_C$ ). E, as variáveis de crescimento e produção analisadas foram: altura de plantas, massa seca, índice de área foliar, número de vagens por plantas, peso de 1000 grãos e produtividade agrícola. O ciclo de produção do feijoeiro durou 77 dias. Nesse período, a precipitação pluvial acumulada foi 291,6 mm, com média diária de 3,8 mm, mas distribuída de forma irregular. O índice de área foliar máximo, estimado pelo modelo matemático Pic Log normal de 3 parâmetros, foi 7,1, aos 41 DAP; a altura máxima das plantas (61,9 cm) e o maior número de vagens por plantas (17,3 vagens), determinados pelo modelo Pic Log normal de 3 parâmetros, foram observados nas áreas irrigadas com 125% da  $ET_C$ , lâmina de irrigação total de 323,0 mm; a maior massa seca de plantas, estimada pelo mesmo modelo, foi 218,1 g, nos tratamentos de 150% da  $ET_C$ ; o peso de 1000 grãos foi 215 g, sem diferença significativa entre os tratamentos. A produtividade física máxima do feijão comum irrigado, na Zona da Mata alagoana, é 2.183,4 kg ha<sup>-1</sup>, obtida com 304,0 mm de lâmina total de irrigação; e, a produtividade de máxima eficiência financeira é 2.182,0kg ha<sup>-1</sup>, com irrigação total de 300,0 mm.

**Palavras-chave:** Lâmina de irrigação; evapotranspiração; altura de plantas; IAF.

## GROWTH, PRODUCTIVITY AND FINANCIAL INCOME OF IRRIGATED COMMON BEAN

**ABSTRACT** - The bean responses to different irrigation levels is essential to estimate the financial returns of this crop and irrigation systems. Therefore, this research aimed to evaluate the growth, agricultural productivity and financial returns of the irrigated bean cultivation, in the Zona da Mata of Alagoas. The experiment was carried out from 11/17/2015 to 02/01/2016 at the Campus of Engineering and Agricultural Sciences (CEAS) of the Federal University of Alagoas (UFAL). The treatments were six levels of irrigation, in function of the evapotranspiration of the crop -  $ET_C$  (25%, 50%, 75%, 100%, 125% and 150% of  $ET_C$ ). And, the analyzed growth and production variables were: plant height, dry mass, leaf area index (LAI), number of pods per plant, weight of 1000 grains and agricultural productivity. The bean production cycle lasted 77 days. During this period, the accumulated rainfall was 291.6 mm, with a daily average of 3.8 mm, but irregularly distributed. The maximum LAI, estimated by the normal Pic Log model of 3 parameter, was 7.1 at 41 days after the planting (DAP); the maximum plant height (61.9 cm) and the highest number of pods per plant (17.3 pods), determined by the normal Pic Log model of 3 parameter, were observed in areas irrigated with 125% of the  $ET_C$ , irrigation depth total of 323.0 mm; the highest dry mass of plants, estimated by the same model, was 218.1 g per plant, in treatments of 150%  $ET_C$ ; the weight of 1000 grains was 215 g, with no significant difference between the treatments. The maximum physical productivity of the irrigated common bean, in the Zona da Mata of Alagoas, is 2,183.4 kg ha<sup>-1</sup>, obtained with 304.0 mm of total irrigation depth; and the yield of maximum financial efficiency is 2,182.0 kg ha<sup>-1</sup>, with total irrigation of 300.0 mm.

**Keywords:** Irrigation depth; evapotranspiration; plant height; LAI.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Aspectos da cultura.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Irrigação da cultura.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Demanda hídrica.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Balanço hídrico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.5 Variáveis de crescimento.....</b>	<b>15</b>
3.5.1 Altura de plantas.....	15
3.5.2 Índice de área foliar.....	17
3.5.3 Massa seca.....	17
<b>3.6 Produtividade agrícola.....</b>	<b>18</b>
<b>3.7 Rendimentos financeiros.....</b>	<b>18</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Avaliação Financeira do Projeto de Irrigação.....</b>	<b>23</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>40</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Consumo per capita de Arroz (*Oryza sativa* L.) e de Feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, de 1985 a 2020.....13
- Figura 2. Tipos hábitos de crescimento do feijão-comum.....16
- Figura 3. Localização da área experimental do feijão irrigado no estado de Alagoas.....20
- Figura 4. Balanço hídrico da cultura do feijão, com diferentes níveis de irrigação, 25% (A), 50% (B), 75% (C), 100% (D), 125% (E) e 150% (F) da  $ET_C$ , armazenamento de água no solo (ARM), água facilmente disponível (AFD), capacidade de água disponível no solo (CAD) e irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....26
- Figura 5. Índice de área foliar (IAF), altura de plantas (h - cm) e massa seca total (MST - g), observados e estimados pelo modelo Pic Log normal de 3 parâmetros na cultura do feijão cultivado sob diferentes níveis de irrigação, 25% (A), 50% (B), 75% (C), 100% (D), 125% (E) e 150% (F) da  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, cultivado no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....28
- Figura 6. Peso de mil grãos (g), número de vagens por plantas de feijão comum, irrigado com 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150%  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....31
- Figura 7. Lâmina de irrigação total (Chuva efetiva mais irrigação - mm) e produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ), nos níveis de irrigação de 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....32
- Figura 8. Produtividade física máxima – PFM (A) e Produtividade de máxima eficiência Financeira – PMEF (B), observados e estimados do feijão sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características de diferentes hábitos de crescimento do feijão-comum.....	16
Tabela 2. Características físicas-hídricas e granulométricas do solo da área experimental.....	21
Tabela 3. Valores utilizados para o cálculo do preço do milímetro de água aplicada na cultura da mandioca por aspersão convencional.....	24
Tabela 4. Preço mínimo, médio e máximo no decorrer da safra de 2018 a 2022, pago no CEASA na saca de feijão em Alagoas.....	25
Tabela 5. Análise de variância das variáveis de crescimento: índice de área foliar (IAF); altura de plantas (h); massa seca total (MST) e variáveis produção do feijão: peso de 1000 grãos (PG1000); produtividade (PROD); número de vagens por plantas (NV), sob níveis de irrigação na região de Rio Largo, AL, cultivado no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....	27
Tabela 6. Valores dos coeficientes da equação Pic Log Normal de 3 Parâmetros, para determinação do índice de área foliar (IAF), altura de plantas (h) e massa seca total por plantas (MST), em diferentes níveis de irrigação, 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da $ET_c$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AFD – Água facilmente disponível (mm);
- ARM – Armazenamento de água no solo (mm);
- CEASA – Centro Estadual de Abastecimento;
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;
- DAP – Dias após o plantio;
- DBC – Delineamento em blocos casualizados;
- ET – Evapotranspiração ( $\text{mm d}^{-1}$ );
- $ET_C$  – Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ );
- $ET_0$  – Evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations;
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database;
- IAF – Índice de área foliar
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- IDERAL – Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas;
- IPCA-E – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IBGE);
- Kc – Coeficiente da cultura;
- SINDRA – Sistema IBGE de recuperação automático.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus Vulgaris*) é bastante consumido na alimentação humana, principalmente no Brasil, devido ao seu alto valor nutritivo e teor de proteínas, carboidratos, fibras, lipídios, cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A, B1 e B2 (EMBRAPA, 2014). Esse alimento é a base da dieta de muitos brasileiros. E, o consumo per capita brasileiro é 12,7 kg (EMBRAPA, 2023).

Cerca de 82% da produção brasileira de feijão, ainda é feita por pequenos e médios produtores, com baixa tecnologia em todo ciclo da cultura (COÊLHO e XIMENES, 2020). Isso faz com que a produtividade seja sempre baixa, em torno de 1,0 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023), pelo fato de que os agricultores não têm incentivo para buscar novas formas de aumentar a produtividade. Estudos em áreas que fazem aporte de tecnologia, como a irrigação, comprovaram que a cultura do feijão eleva sua produção (CARVALHO, 2014).

O estado do Paraná é o maior produtor de feijão-comum do Brasil e na safra 2022/23 produziu 756.785,0 toneladas, em uma área de 478.202,0 ha, produtividade média de 1,58 t ha<sup>-1</sup>. E, no mesmo ano, com a 1ª e a 2ª safra, no Nordeste brasileiro foram cultivados cerca de 1.334.963,0 hectares e teve uma produção de 611.451,0 toneladas, produtividade média das duas safras de 0,4 t ha<sup>-1</sup> (IBGE – SINDRA, 2023).

Na safra 2020/21, Alagoas produziu 20,7 mil toneladas, em 32,2 mil hectares e com uma média de 0,6 t ha<sup>-1</sup> e na safra 2021/22, produziu 10,5 mil toneladas de feijão, em 30,6 mil hectares (média de 0,3 t ha<sup>-1</sup>), redução de 5,0 % em área plantada, 49,3% na produção e 46,8% de produtividade (CONAB, 2023).

A baixa produtividade em Alagoas na safra de 2021/22 está atrelada aos elevados índices de precipitação pluvial ocorridos no estado, concentrados nos meses de maio a junho, por causa disso muitos produtores diminuíram a área plantada que prejudicou a produção agrícola da cultura e o outro motivo é que as chuvas também coincidiram com o desenvolvimento vegetativo da cultura, porque as plantas sofreram estresse por excesso água (CONAB, 2022).

Na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, a precipitação pluvial se concentra nos meses de abril a agosto, com chuva variando de 200,0 a 300,0 mm por mês. E, nos demais meses do ano a chuva é escassa ou insuficiente para cultivar plantas de ciclo rápido (FERREIRA JUNIOR et al., 2013). A solução para amenizar esse efeito negativo da escassez de chuvas, aumentar a produtividade e ao mesmo tempo a utilização das terras o ano inteiro, é a irrigação, para viabilizar o cultivo de grãos quando a precipitação pluvial for irregular ou insuficiente.

Silva e Wander (2013), em pesquisa com o feijão comum, chegaram à conclusão de que cultivos com melhores tecnologias, nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás, é possível ter produtividades acima de  $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ . Jobim et al. (2009), afirmam que o cultivo do feijão irrigado por pivô central, na fazenda Itaíba, no município de Santa Barbara do Sul – RS, no ano de 2006, é viável com produtividade média de  $3,9 \text{ t ha}^{-1}$  e preço de R\$ 1,35 reais por kg porque isso resulta em renda líquida anual de R\$ 1.534,30 reais por hectare, em duas safras. E, isso também é suficiente para amortizar o investimento em irrigação, em um ano.

No mês de junho de 2023, o preço médio da saca de feijão, no Centro Estadual de Abastecimento (CEASA) de Maceió -AL, alcançou R\$ 500,00 reais, média de R\$ 8,33 reais por quilo, (Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas – IDERAL, 2022) e isso demonstra que a cultura do feijão pode ser uma opção para melhorar a rentabilidade econômica dos pequenos e médios produtores.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar o crescimento, a produtividade e os rendimentos financeiros do cultivo do feijão irrigado na Zona da Mata Alagoana.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Fazer o balanço hídrico da cultura do feijão na Zona da Mata alagoana;
- Estimar o crescimento do feijão com base na altura de planta, índice de área foliar e matéria seca;
- Estimar as variáveis de produção (número de vagens por plantas e peso de 1000 grãos) em função de lâminas de irrigação;
- Calcular a produtividade da cultura do feijão comum irrigado;
- Estimar o custo de produção do feijão irrigado;
- Estimar as lâminas de máxima produtividade física e de máxima eficiência financeira para condições ambientais da Zona da Mata alagoana.

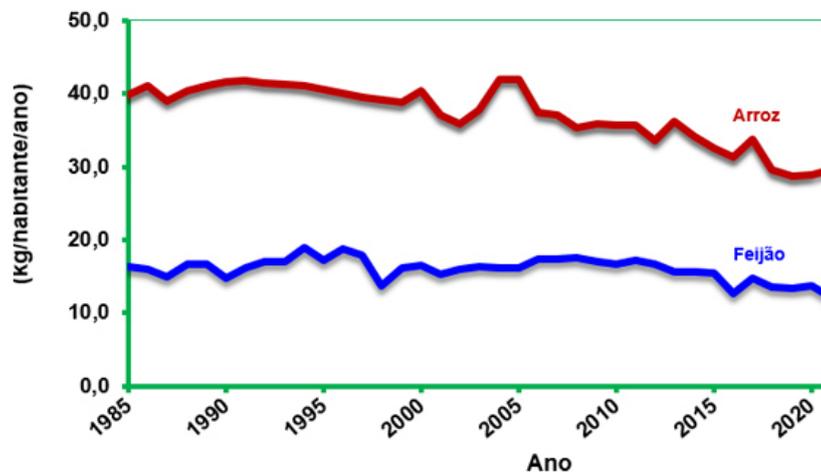
### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos da cultura

A cultura do feijão é originária das Américas, pertencente à família da *fabáceae*, dentro dessa família, a espécie *Phaseolus Vulgaris* (feijão comum) é uma das mais importantes, e a mais plantada no mundo. Em 2016, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), classificou essa cultura, como um dos alimentos pulse. Os pulses são sementes secas provenientes de leguminosas que crescem em vagens e têm formas, tamanhos, cores e sabores, que atendem às demandas da alimentação humana e animal. (FAO, 2023).

A importância do feijão na dieta dos brasileiros se explica, no consumo per capita em que 2021 chegou a 12,2 kg hab<sup>-1</sup>, incluindo o feijão-caupi. Como pode ser visto na Figura 1, a variação do consumo per capita de feijão ficou de 10 a 20 kg por brasileiro, ao longo de 36 anos, mostrando um mercado forte e consolidado para o produtor brasileiro (SILVA, 2022).

Figura 1. Consumo per capita de Arroz (*Oryza sativa* L.) e de Feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), no Brasil, de 1985 a 2020.



Fonte: Embrapa Arroz e Feijão; Elaboração: Silva (2022).

Em 2022, a demanda do feijão comum no Brasil chegou a 3.000 mil toneladas, desse total, 2.850 mil toneladas são para o consumo interno e 150 mil toneladas foram para as exportações. Contudo o país produziu 2.962,1 mil toneladas e sendo necessário importar cerca de 100 mil toneladas para suprir o mercado interno (CONAB, 2022).

O feijão comum por ser uma planta bastante resistente, permite que ela seja plantada em todo do Brasil e os principais estados produtores do país são: Paraná, Mato Grosso, Minas

Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Bahia, Goiás, Rio Grande do Sul e Distrito Federal (CONAB, 2022).

De acordo com a *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database*, o Brasil no ano de 2021 era o segundo maior produtor de feijão do mundo (FAOSTAT, 2023). O Nordeste brasileiro teve uma boa safra 2020/21, em uma área de 1.456,8 mil ha<sup>-1</sup> e com uma produção de 592 mil toneladas, a razão foi o clima favorável e a demanda aquecida, o maior estado produtor, nessa região, foi a Bahia com uma área plantada de 425,0 mil hectares e a sua produção foi de 219,3 mil toneladas (CONAB, 2023).

Coelho e Ximenes (2020), destaca que a cultura do feijão é amplamente cultivada no Nordeste brasileiro, tanto como cultura solteira ou consorciada com outras culturas, como por exemplo o milho, e é sempre cultivada por pequeno e grandes produtores, assim contribuindo para geração de emprego e renda.

### **3.2. Irrigação da cultura do feijão**

A irrigação na cultura do feijão no Brasil iniciou historicamente na década de 1940, na estação experimental de Patos de Minas do antigo Serviço Nacional de Pesquisa Agrônômica (SNPA). Mas muitos fatores limitaram o emprego da irrigação naquela época, o principal fator foi a falta de equipamentos e consultoria técnica para orientar os produtores que queriam utilizar a irrigação na sua área (VIERA et al., 2013).

O sistema de irrigação apresenta grande importância para a produtividade de várias culturas, porque está ligada diretamente com o sistema solo, planta, clima e água. Por isso é importante obter conhecimentos sobre esses aspectos na irrigação para torná-los mais eficazes (SILVA e NEVES, 2020).

### **3.3 Demanda hídrica do feijoeiro**

Oliveira et al. (2018) destacam que a necessidade da cultura do feijão é de 250 a 350 mm, por ciclo vegetativo, e o maior requerimento de água se dar em três estádio em V4 (Terceira folha trifoliolada completamente aberta) com uma demanda de 56 mm, em R7 (Aparecimento da primeira vagem) que demanda de 53,9 mm e no R8 (Desenvolvimento de sementes) cerca de 96 mm por cada estádio.

As condições hídricas do solo interferem diretamente no rendimento da cultura do feijão. Tanto o déficit como excesso de água em alguns estágios da planta, reduzem a produtividade em diferentes proporcionalidades. E, os sistemas de irrigação mais utilizados na cultura do feijão é por autopropelido e pivô central. Já os sistemas de irrigação menos utilizados são, por sulco e por elevação do lençol freático em solos de várzeas. O sistema de irrigação mais apropriado para áreas cultivadas com feijão, são por aspersão e pivô-central (CARNEIRO *et. al.*, 2015).

### **3.4 Balanço hídrico**

O balanço hídrico é a contabilidade da variação da água armazenada no solo em um volume considerado, por um determinado tempo, no perfil do solo. Essa variação de água é dada por intervalo de tempo, profundidade da raiz, estágio fenológico da planta e o crescimento da cultura. O balanço hídrico em um solo coberto por uma vegetação específica e padronizada que é denominado balanço climatológico (PEREIRA *et al.*, 2007).

Os elementos climatológicos que são positivos (entradas) no balanço hídrico são: Precipitação, irrigação, orvalho, escoamento superficial (*run in*), drenagem lateral e ascensão capilar. E os elementos climatológicos negativos (saídas) no balanço hídrico são: evapotranspiração (ET), escoamento superficial (*run off*), drenagem lateral e drenagem profunda (PEREIRA *et al.*, 2007).

O balanço hídrico vem como um índice determinante para verificar a disponibilidade de água no solo em uma determinada região, o déficit ou excesso de água é causa de grandes problemas na produção de grãos em muitas regiões, por isso é necessário fazer um estudo para quantificar essas variáveis (FARIAS *et al.*, 2012).

### **3.5 Variáveis de crescimento**

#### **3.5.1 Altura de plantas**

A altura das plantas do feijoeiro está diretamente ligada ao hábito de crescimento, que é dividido em tipo 1, 2, 3 e 4 (Tabela 1 e Figura 2). Quanto maior o hábito de crescimento maior será a altura da planta e conseqüentemente maior a massa seca por planta (VIERA *et al.*, 2013).

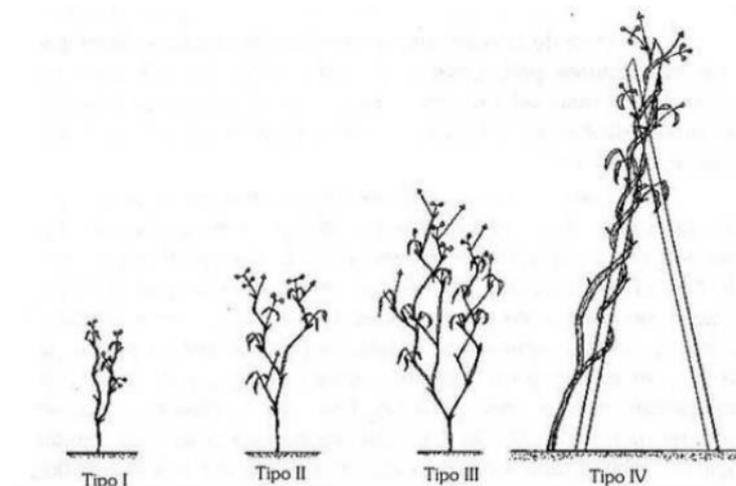
Tabela 1. Características de diferentes hábitos de crescimento do feijão-comum.

Hábito de crescimento			
Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinado arbustivo;</li> <li>• Planta pouco ramificada, ereta e fechada;</li> <li>• Menor porte;</li> <li>• Uniformidade de maturação de vagens;</li> <li>• Caule principal e ramos laterais (inflorescência), com 5 a 10 entrenós;</li> <li>• Altura: 30 a 50 cm;</li> <li>• Ciclo precoce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indeterminado arbustivo;</li> <li>• Ramificação ereta e fechada;</li> <li>• Caule ereto com poucos ramos laterais (2 a 3);</li> <li>• Ramos curtos;</li> <li>• Pouca desuniformidade de maturação de vagens;</li> <li>• Após floração, plantas continuam crescendo, porém em ritmo mais lento;</li> <li>• Ciclo mais longo em relação às do tipo I.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indeterminado prostrado;</li> <li>• Grande número de ramificações;</li> <li>• Ramificações abertas;</li> <li>• Altamente produtivas;</li> <li>• Caule principal e laterais podem ter aptidão trepadora;</li> <li>• Desuniformidade de maturação de vagens;</li> <li>• Ciclo mais longo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indeterminado trepador;</li> <li>• Ramos laterais pouco desenvolvidos;</li> <li>• Colheita parcelada;</li> <li>• Ramos laterais pouco desenvolvidos;</li> <li>• Caule principal (20-30 nós) com até mais de 2 m de altura.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de VIERA et al. (2013); CARNEIRO et al. (2015).

Oliveira et al. (2014), trabalhando com diferentes adubações fosfatada e vários tipos de genótipos de feijoeiro, observou que as plantas cresceram muito devido a adubação e sofreram com problemas de acamamentos, mostrando que essa variável deve ser observada com cuidado porque pode resultar em problemas na colheita mecanizada do feijão.

Figura 2. tipos hábitos de crescimento do feijão-comum.



Fonte: EMBRAPA, 2013

Carneiro et al. (2015), enfatiza que, no melhoramento genético para a obtenção de novas cultivares, é levado em consideração o porte da planta (arquitetura da planta) porque uma planta ereta tem inúmeras vantagens: facilidade nos tratamentos culturais, redução de perdas na colheita e menor incidência de patógenos.

### 3.5.2 Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) é a capacidade da planta de ocupar uma área por folhas, sobre uma área pré-determinada do solo. Tornando-se assim uma variável de grande importância para avaliar a interceptação da radiação solar e a evapotranspiração (FERREIRA et al., 2018).

Carneiro (2015), afirma que a cultura do feijão em um ambiente com alta incidência luminosa, o IAF aumenta e quando está em baixa luminosidade diminui, isso indica que o IAF não favorece diretamente a produtividade da cultura, mas sim a sua eficiência fotossintética.

Santana (2016), destacou que o IAF e a massa seca de plantas são índices importantes, porque estão diretamente correlacionados com a produtividade de grãos das culturas. O problema da quantificação da área foliar nos métodos diretos, é porque as folhas das plantas precisam ser coletadas de forma destrutiva (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015).

Soureshjania (2018), observou, em dois genótipos de feijão e déficit hídrico no semiárido do Irã, IAF de 1,0 a 4,0, com lâminas de irrigação de 60, 80 e 100% da  $ET_C$ . E, constatou também que o IAF tem interferência direta com a fotossíntese, tanto de forma positiva como negativa. E, quando há estresse hídrico as plantas diminuem o IAF e conseqüentemente diminuem a fotossíntese.

### 3.5.3 Massa seca

A massa seca é todo acúmulo de energia, que é capturada pelas folhas das plantas e convertida para seu crescimento, isso graças ao fenômeno conhecido como fotossíntese, a maior concentração de massa seca acontece entre 30 e 50 dias após o plantio, ficando entre 300,0 e 600,0 gramas por metro quadrado, a depender da densidade de plantio (SILVA et al., 2012).

A quantificação da biomassa de diversas culturas, tende a seguir um protocolo de amostragem direta, que precisa ser em uma pequena área dentro da parcela que seja representativa e homogênea, para cada coleta (SANTANA et al., 2016).

A massa seca da cultura do feijão é acumulada em todo seu ciclo, que é iniciado primeiramente nas hastes e nas folhas até o início da floração, em seguida a planta estabiliza o seu crescimento e o acúmulo de massa. Após essa estabilização a planta do feijoeiro concentra toda a sua energia para a formação, desenvolvimento e enchimento dos grãos (PINTO JÚNIOR, 2016).

### **3.6 Produtividade agrícola**

A área plantada de Feijão no Brasil, na safra de 21/22, foi 2.930,1 mil hectares, 0,2% maior do que a safra anterior. E a produção foi 3.027,0 mil toneladas, um aumento de 5,2%, com a produtividade média de 1.033 kg por hectare (Conab, 2022). No estado de Alagoas, em 2020, a área plantada foi 20.238,0 hectares, que rendeu cerca de 10.735,0 toneladas, com média de rendimento de 530,0 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE 2022).

No Brasil tem cerca de 3 safras por ano, de acordo com a Silva e Wander (2013), a primeira safra é conhecida como época das águas, que representa 52,3% da produção de feijão comum. A maior produtora é a região sul, seguida pelas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. De acordo com a CONAB (2022), a área plantada em 2021/22 na primeira safra foi 904,3 mil hectares, e a produção foi 938,9 mil toneladas, média de 1,3 toneladas por hectare.

A segunda safra, na época da seca, representa cerca de 47,0%, da área plantada de feijão-comum no Brasil e corresponde a 28% da produção nacional. As tecnologias aplicadas nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás gerou um aumento da produtividade que a fez chegar a mais de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (SILVA E WANDER, 2013). CONAB (2022) destaca que na segunda safra do Brasil, no biênio 2021/22, foram plantados cerca de 1.419,4 hectares e a produção chegou a 1.341,5 mil toneladas.

A terceira safra representa cerca de 15,4% da produção nacional, isso é possível graças ao uso da irrigação por aspersão, pivô central e sementes de cultivares melhoradas, obtida com sucesso nos estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Noroeste de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e parte da Bahia (SILVA E WANDER, 2013). De acordo com os dados da CONAB (2022), a terceira safra do biênio 2021/22, teve uma área plantada de 530,5 mil hectares produção de 713,0 mil toneladas e produtividade de 1,3 toneladas por hectare.

### 3.7 Rendimentos financeiros

Lyra (2007), enfatiza o quanto é importante fazer estudos sobre os custos dos projetos para que o investidor não tenha prejuízos, independentemente da cultura ou do sistema de irrigação utilizado no projeto. A irrigação proporciona o uso da terra de forma intensiva e o tipo de exploração não depende da sua atividade, como agricultura ou pecuária, ou o tamanho da propriedade, mas sim pelo investimento aplicado em tecnologia.

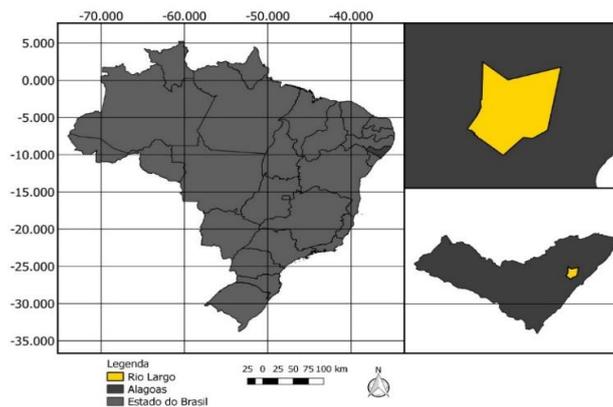
O aumento da agricultura irrigada é sempre sugerido para a maior exploração da terra, mas por outro lado, aumenta a demanda de energia e captação de água doce. Para a maximização do uso da água de irrigação, é preciso o desenvolvimento de sistemas eficientes de otimização e distribuição da programação da irrigação (LIMA, 2019).

Justino (2019), avaliando o retorno econômico de sistema de irrigação de pivô central, em diferentes períodos da estação seca em Santo Antônio de Goiás, GO, verificou que a produtividade variou entre 1.444 para 1.830 kg ha<sup>-1</sup>, com Lâminas de 30 a 70% da água disponível no solo. E, foi exigido um valor mínimo de R\$ 2,38 a 2,60 por quilo de feijão, quando corrigido com o índice de correção do período (IPCA-E (IBGE)) para o ano de 2023, esses valores se elevaram para R\$ 3,03 a 3,31 por quilo, calculado pelo site do Banco Central.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado por Magalhães (2017), no período de 17/11/2015 a 01/02/2016, no *Campus* de Engenharia e Ciências Agrária (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (9°27'58,7" S; 35°49'47,2" W; 127 m), no município de Rio de Largo, AL, localizado na região dos Tabuleiros Costeiros de alagoanos (Figura 3). O clima da região é caracterizado, pela classificação de Thornthwaite e Mather (1955), como úmido, megatérmico, com deficiência de água moderada no verão e grande excesso de água no inverno. A temperatura do ar média varia de 19,3 a 31, 7 °C, com média anual de 25,4 °C, a umidade relativa do ar em média fica acima de 70% e a precipitação pluvial anual média é 1.800 mm (Souza et al., 2004). O solo do local é classificado como Latossolo amarelo coeso argissólico de textura médio-argiloso, e as propriedades físico-hídricas e granulométricas são apresentadas na Tabela 2 (Carvalho, 2003).

Figura 3. Localização da área experimental do feijão irrigado no estado de Alagoas.



Fonte: Autor, 2023.

A correção de pH e adubação do solo foi feita de acordo com os resultados da análise química do solo. Essa correção do solo foi feita 60 dias antes do plantio, com 2.500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. No plantio, adubação de fundação consistiu de 45 kg ha<sup>-1</sup> de Ureia, 111kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e 78kg de Cloreto de Potássio ha<sup>-1</sup>. Na adubação de cobertura 20 dias após o plantio (DAP), foram aplicados exatamente de 89 kg ha<sup>-1</sup> de Ureia.

O plantio do feijão comum da variedade rosinha, foi feito no dia 17/11/2015, com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 13 sementes por metro, em média, e com a profundidade de 5 cm, para formar uma população de 250.000 plantas por hectare.

Tabela 2. Características físicas-hídricas e granulométricas do solo da área experimental.

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS<sup>1</sup></b>	<b>VALORES</b>
Capacidade de Campo (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,244
Ponto de Murcha Permanente (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,147
Densidade Volumétrica (mg cm <sup>-3</sup> )	1,50
Porosidade Total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,423
Velocidade de Infiltração Básica (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	52,00
<b>GRANULOMETRIA (g kg<sup>2</sup>)</b>	<b>CAMADA DE 0 – 20 cm</b>
Areia	540,00
Silte	300,00
Argila	160,00

Fonte: <sup>1</sup>Carvalho (2003), <sup>2</sup>Silva (2021).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram seis níveis de irrigação: L<sub>1</sub>=25%, L<sub>2</sub>=50%, L<sub>3</sub>=75%, L<sub>4</sub>=100%, L<sub>5</sub>=125% e L<sub>6</sub>=150% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>C</sub>), no total de 24 parcelas de 8,0 x 10,0 metros (80 m<sup>2</sup>). A área total do experimento foi 2.660 m<sup>2</sup>. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>C</sub>) foi obtida através da Equação 1.

$$ET_C = ET_0 \cdot Kc \quad (1)$$

Em que: “ET<sub>C</sub>” é a evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>); “ET<sub>0</sub>” é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) e “K<sub>c</sub>” é o Coeficiente da cultura.

Os coeficientes da cultura (K<sub>C</sub>) do feijão, adotados na fase inicial, foi 0,5 e, nas fases vegetativas e reprodutivas, foram 1,1 e 1,2, respectivamente. Posteriormente, esses valores foram ajustados às condições edafoclimáticas e às características da cultura durante o período experimental.

A irrigação foi realizada com micro aspersores, no espaçamento de 2,0 x 2,5 metros, pressão de serviço de 14,0 m.c.a, vazão média de 50 L h<sup>-1</sup> por emissor e intensidade de aplicação de 8,9 mm h<sup>-1</sup>. O turno de rega foi de 3 dias. As chuvas ocorridas durante o experimento foram descontadas da água aplicada.

O balanço hídrico da cultura do feijão foi realizado pelo método de Thornthwaite e Mather modificado por Lyra et al. (2010). As Lâminas de irrigação total foram definidas pela soma da água de irrigação mais a precipitação pluvial efetiva.

Os dados meteorológicos do período de cultivo foram cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA) do CECA/UFAL, que gerencia uma estação agrometeorológica automática localizada ao lado da área experimental.

A coleta dos dados de crescimento foi feita a cada 15 dias em um metro da área útil de cada parcela. As variáveis avaliadas foram as seguintes: altura de plantas, área foliar e matéria seca.

A área foliar foi determinada com o auxílio de um medidor Li-Cor, modelo LI-3100, com os resultados expressos em metros quadrados. E, a determinação do índice de área foliar (IAF) foi feita pela Equação 2 (FLOSS, 2004).

$$IAF = \frac{AFP}{AOP} \quad (2)$$

Em que: “IAF” é índice de área foliar; “AFP” é área foliar por planta ( $m^2$ ) e “AOP” é área ocupada pela planta ( $m^2$ ).

A altura de planta (h) foi feita com auxílio de uma trena, medida do colo ao ápice da planta, em 5 plantas, na área útil da parcela.

A massa seca das plantas (MS) coletadas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada a  $65\text{ }^\circ\text{C}$  até atingirem massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança com precisão de 0,001g para obtenção da matéria seca, expressa em gramas por planta. As variáveis IAF, h e MS foram ajustada pelo modelo Pic Log Normal de 3 parâmetros, conforme a Equação 3.

$$f = a * \exp \left\{ -0,5 * \left[ \frac{\left( \ln \frac{x}{x_0} \right)}{b} \right]^2 \right\} \quad (3)$$

Em que: “f” é o valor da variável estimada pelo modelo; “a” é o IAF, Altura de plantas e massa seca total máximo; “b” é o IAF, Altura de plantas e massa seca total mínimo; “ $x_0$ ” é o dia em que a planta chega no ponto de IAF, Altura de plantas e massa seca total máximo; “x” é a variável independente.

A colheita final foi realizada em 01/02/2016, em uma área de  $10\text{ m}^2$ , contida na área útil de cada parcela. E, nessa colheita, foram estimadas as variáveis de produção: número de vagens

por plantas e peso de 1000 grãos. O rendimento de grãos foi calculado e corrigido para a umidade de 13% (em base úmida), após a secagem em estufa a 105 °C por 24 h (BRASIL, 1992). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR, e quando foram significativos a  $p < 0,05$ , pelo teste F, foram submetidos à análise de regressão. Os coeficientes das regressões tiveram sua significância verificada pelo teste t ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1 Avaliação Financeira do Projeto de Irrigação

Para realizar o estudo da viabilidade financeira, levantou-se o custo de investimento em um sistema de irrigação por aspersão convencional, para um hectare. As características gerais e hidráulicas do projeto de irrigação são: comprimento da linha lateral = 72 m; comprimento da linha principal = 72 m; comprimento da linha de recalque = 13 m; vazão do sistema = 5,74 mm h<sup>-1</sup>; altura manométrica = 20 m.c.a.; potência da bomba = 2 cv; os aspersores da agropolo NY-30 laranja longo (2850BV/2879-BVL); e o espaçamento 18 x 18 m.

A partir do projeto descrito acima, foi desenvolvida a Tabela 3, contendo os valores utilizados para calcular o preço do milímetro aplicado.

A análise da função de produção e respostas da cultura do feijão às lâminas totais de irrigação do experimento foi realizada pela curva de regressão polinomial de segundo grau, conforme a Equação 4.

$$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (4)$$

Em que: “Y” é a produtividade da cultura do feijão (t ha<sup>-1</sup>); “x” é a lâmina de irrigação total (chuva efetiva mais irrigação) e “b<sub>0</sub>”, “b<sub>1</sub>” e “b<sub>2</sub>” são os coeficientes de ajuste da equação. O teste F a 5% de probabilidade também foi aplicado para avaliação financeira.

A análise da lâmina de irrigação total que proporciona a produtividade física máxima foi feita igualando-se a zero a primeira derivada da Equação 4, que teve como resultado a expressão:

$$X_{MAX} = \frac{-b_1}{2b_2}$$

Em que: “X<sub>max</sub>” é a quantidade de insumo (lâmina total de irrigação) que proporciona a produtividade física máxima (t ha<sup>-1</sup>).

A produtividade física máxima ( $Y_{MÁX}$ ) foi calculado pela Equação 5.

$$Y_{MÁX} = b_0 + b_1x_{MAX} - b_2x_{MAX}^2 \quad (5)$$

Tabela 3. Valores utilizado para o cálculo do preço do milímetro de água aplicada na cultura do feijão por aspersão convencional.

<b>PREÇOS UNITÁRIOS (R\$/UNID.)</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID.</b>	<b>R\$/UNID.</b>
1	Energia Elétrica <sup>1</sup>	R\$ kW <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	0,98
2	Sistema de Irrigação	R\$ ha <sup>-1</sup>	12.211,26
3	Amortização Ponderada <sup>2</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	905,49
4	Amortização Ponderada <sup>3</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	625,49
5	Lâmina Aplicada	mm dia <sup>-1</sup>	5,74
<b>MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>			
6	Área	ha	1,00
7	Energia Elétrica	R\$ ha <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup>	179,92
8	Meses de Irrigação	Mês	3,00
9	Lâmina Total Anual (75 Dias)	mm	430,50
<b>CUSTOS OPERACIONAIS POR CICLO</b>			
10	Energia Elétrica	R\$ ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>	539,76
<b>CUSTO DO MILÍMETRO APLICADO</b>			
11	Custo Operacional	R\$ mm <sup>-1</sup>	1,25
12	Custo Fixo do Milímetro Aplicado <sup>2</sup>	R\$ mm <sup>-1</sup>	2,10
13	Custo Fixo do Milímetro Aplicado <sup>3</sup>	R\$ mm <sup>-1</sup>	1,45
14	Custo Total do Milímetro Aplicado	R\$ mm <sup>-1</sup>	4,81

<sup>1</sup> Preço da tarifa rural convencional cobrada em dezembro de 2022 em Alagoas pela Equatorial, AL;

<sup>2</sup> Na amortização ponderada foi considerado o período de 20 anos para 70% dos equipamentos de irrigação, mais instalação elétrica e construção de uma pequena casa de bomba, sendo acrescentado 30% do valor para manutenção e 20% para mão de obra;

<sup>3</sup> Os outros 30% dos equipamentos de irrigação foram amortizados em 10 anos.

Fonte: Autor (2023).

O valor do milímetro aplicado neste trabalho foi R\$ 4,81 reais (Tabela 3). Esse valor corresponde ao somatório dos custos fixos (equipamentos de irrigação, instalação elétrica e construção de uma pequena casa de bomba) e o custo operacional (apenas o gasto de energia para tocar o sistema de irrigação).

A avaliação financeira da produção da cultura do feijão foi realizada com o preço do insumo (milímetro de água) aplicado e o preço do produto (saca de 60 kg de feijão comum). E, a lâmina de irrigação de máxima eficiência financeira foi calculada pela Equação 6.

$$W = \frac{C_W - P_i b_1}{2P_i b_2} \quad (6)$$

Em que: “W” é a quantidade de insumo (lâmina de irrigação total) que proporciona a produtividade de máxima eficiência financeira; “C<sub>w</sub>” é o custo do insumo; “P<sub>i</sub>” é o preço da saca de feijão e “b<sub>1</sub>” e “b<sub>2</sub>” são os coeficientes da equação de produção.

O preço do milímetro de água aplicado (R\$ mm<sup>-1</sup>) foi calculado com base nos custos da irrigação do feijão, por aspersão convencional. Os preços dos materiais do sistema de irrigação foram obtidos nos sites especializados em equipamentos de irrigação, em fevereiro de 2022 (Tabela 3).

Os preços mínimo, médio e máximo por saca de feijão 60 kg, foram obtidos no Centro de Abastecimento – CEASA/AL, de 2018 a 2022 (Tabela 4), tendo como base os preços das sextas-feiras, no período de 5 anos, em seguida foi feita uma média anual do preço mínimo, médio e máximo. Esses preços, são publicados no site Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas – IDERAL. Para estimar a produção de máxima eficiência financeira, foi utilizado o preço médio dos últimos 5 anos (R\$ 333,19 por saca de 60 kg), R\$ 5,55 reais por quilo de feijão.

Tabela 4. Preço mínimo, médio e máximo no decorrer da safra de 2018 a 2022, pago no CEASA na saca do feijão em Alagoas.

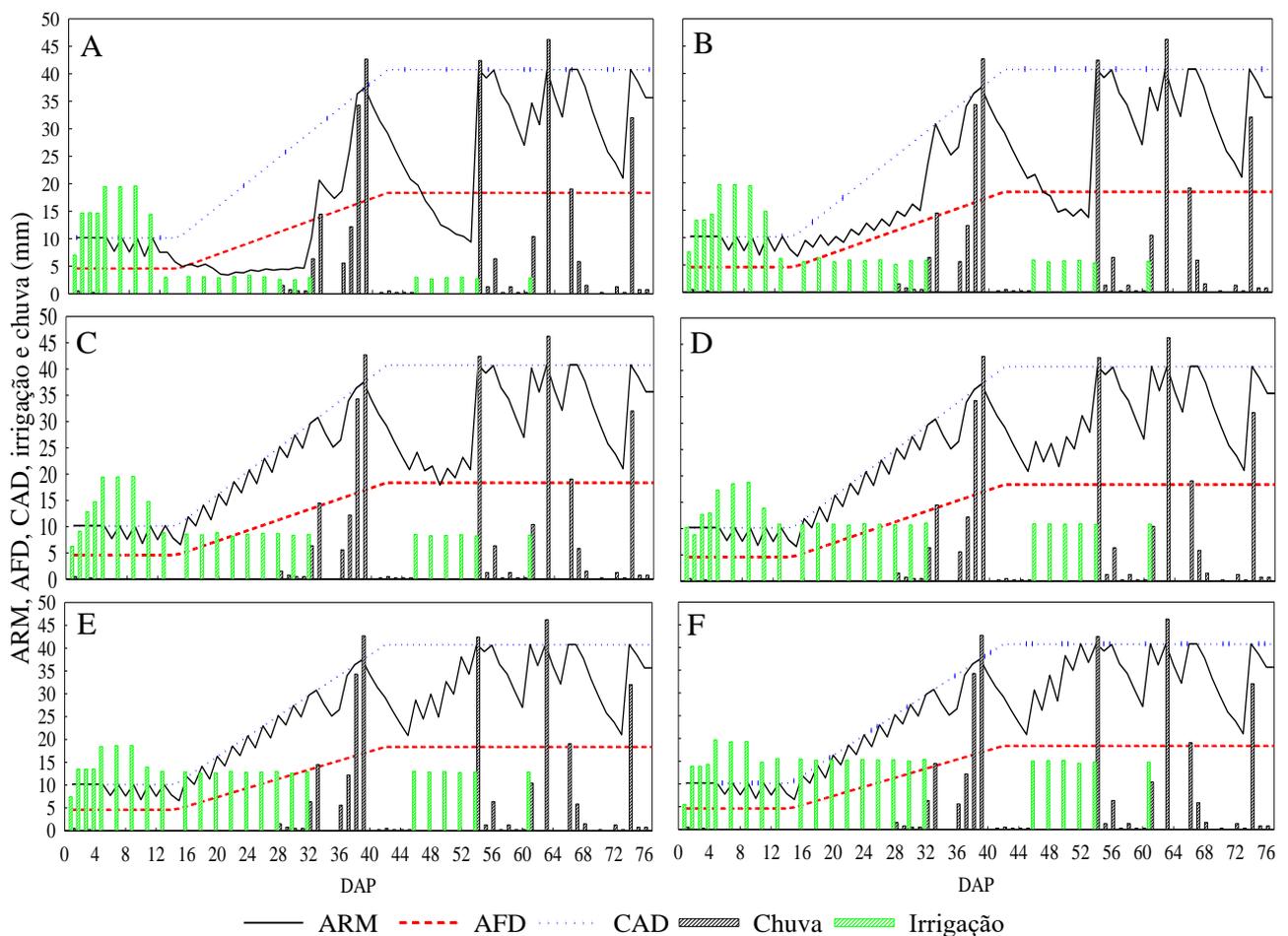
<b>Ano</b>	<b>Preço mínimo</b>	<b>Preço médio</b>	<b>Preço máximo</b>
<b>2018</b>	244,36	244,36	244,36
<b>2019</b>	228,28	246,56	277,03
<b>2020</b>	246,52	277,27	326,12
<b>2021</b>	460,97	465,00	482,00
<b>2022</b>	425,19	432,77	438,15
<b>Média</b>	321,06	333,19	353,53

Dados coletados pelo Instituto de Desenvolvimento Rural e Abastecimento de Alagoas; Autor, 2023.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo de produção do feijoeiro durou 77 dias. E, nesse período, a precipitação pluvial acumulada foi 291,6 mm, média diária de 3,8 mm (Figura 4). A maior concentração de chuva ocorreu em janeiro de 2016, entre os 45 e 77 DAP, que acumulou 170,4 mm, (média de 5,5 mm por dia). O período menos chuvoso ocorreu novembro de 2015 do 1º ao 14º DAP, com um total de 0,8 mm. Esses resultados indicam que, nessa região climática, os cultivos de outubro a março do ano seguinte demandam irrigação porque a maioria das cultivares de feijão necessitam de 400,0 a 700,0 mm, para completarem o ciclo de produção (VIEIRA et al., 2013).

Figura 4. Balanço hídrico da cultura do feijão, com diferentes níveis de irrigação, 25% (A), 50% (B), 75% (C), 100% (D), 125% (E) e 150% (F) da  $ET_C$ , armazenamento de água no solo (ARM), água facilmente disponível (AFD), capacidade de água disponível no solo (CAD) e irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.



Autor, 2023.

Na Figura 4, também é possível observar que a irrigação de 25% da  $ET_C$  foi insuficiente para atender a necessidade hídrica da cultura do feijão porque o armazenamento de água no solo (ARM) ficou 23 dias abaixo da linha da água facilmente disponível (AFD), demonstrando que houve déficit hídrico. E, quando comparado com os níveis de irrigação de 50% e 75% que tiveram apenas 6 e 1 dias com ARM abaixo da AFD, respectivamente. Nos demais níveis de irrigação (100, 125 e 150% da  $ET_C$ ) a CAD se manteve acima da AFD, mostrando que a cultura não sofreu estresse por déficit hídrico.

Silva (2021), trabalhando com mandioca, na mesma região de estudo, observou que as chuvas ocorridas no período do último decêndio de setembro de 2019 ao primeiro decêndio de fevereiro de 2020, foram mal distribuídas o que provocou uma deficiência hídrica de 508,0 mm. Isso indica que nessa região, as chuvas são insuficientes para as culturas de ciclos rápidos como a mandioca e o feijão.

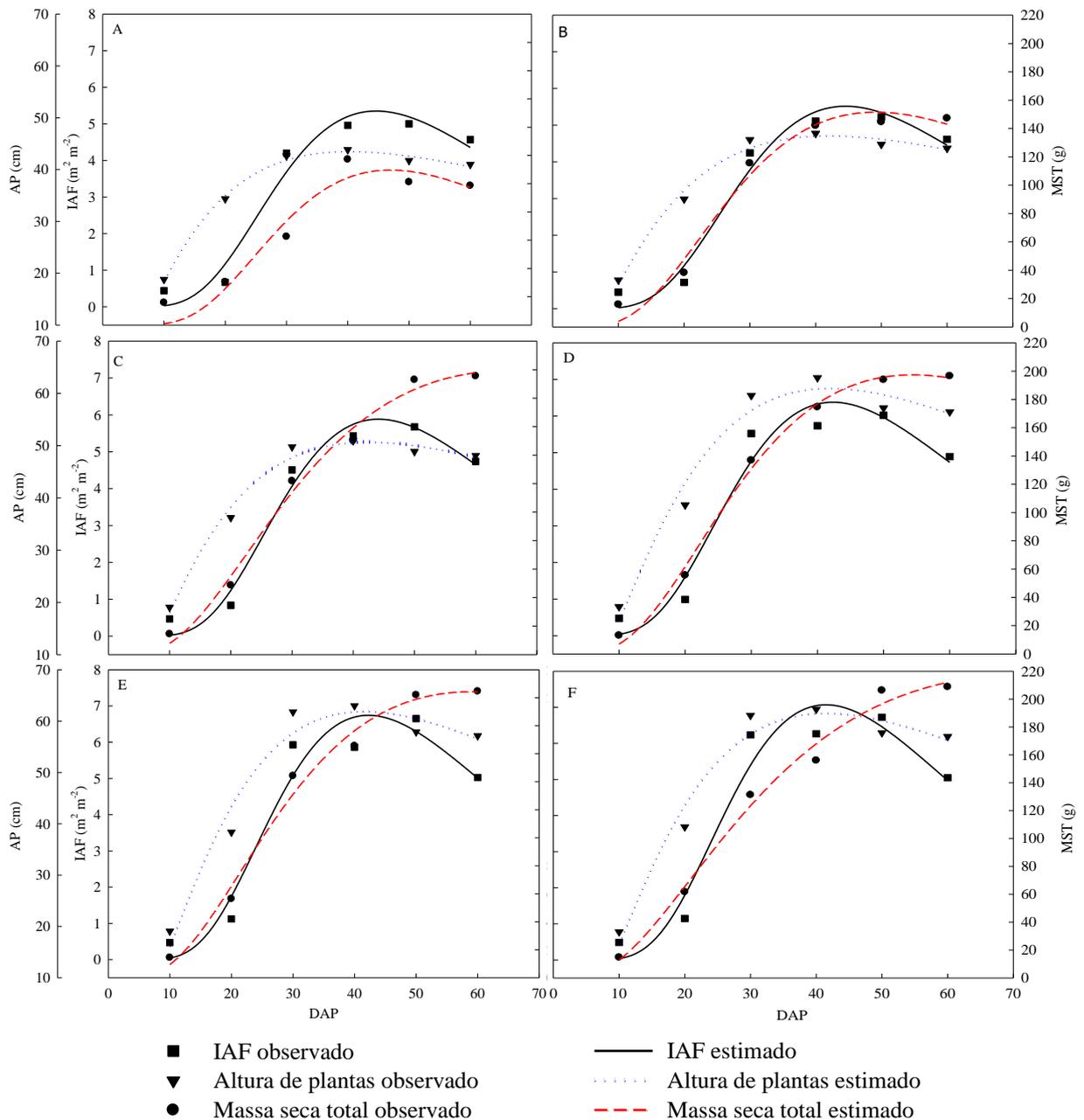
Os níveis de irrigação provocaram diferença significativa, a 1% de probabilidade, para as variáveis: índice de área foliar, altura de planta, massa seca de plantas, produtividade e número de vagens por plantas. Apenas para a variável peso de 1000 grãos, as diferenças entre os tratamentos não foram significativas, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5. Análise de variância das variáveis de crescimento: índice de área foliar (IAF); altura de plantas (h); massa seca total (MST) e variáveis produção do feijão: peso de 1000 grãos (PG1000); produtividade (PROD); número de vagens por plantas (NV), sob níveis de irrigação na região de Rio Largo, AL, cultivado no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>IAF</b>	<b>h</b>	<b>MST</b>	<b>PG 1000</b>	<b>PROD</b>	<b>NV</b>
<b>Níveis</b>	5	11,96**	8,21**	1.614,79**	98,09 <sup>ns</sup>	423.760,44**	41,47**
<b>Blocos</b>	3	0,24 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	406,33 <sup>ns</sup>	148,16*	296.824,22 <sup>ns</sup>	34,86 <sup>ns</sup>
<b>Linear</b>	1	0,10**	35,44**	4.775,60**	13,38 <sup>ns</sup>	741.996,68**	183,97**
<b>Quadrática</b>	1	0,62 <sup>ns</sup>	4,54*	2.749,49**	325,50**	1.123.385,94 <sup>ns</sup>	17,97 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	3	0,23	0,80	293,31	44,24	92.665,87	10,69
<b>C.V. (%)</b>		10,30	2,17	11,35	3,22	16,66	22,54

\*\* - Significativo a 1%; \* - Significativo a 5%; ns - Não significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ).  
Fonte: Autor (2023).

Figura 5. Índice de área foliar (IAF), altura de plantas (h - cm) e massa seca total (MST - g), observados e estimados pelo modelo Pic Log normal de 3 parâmetros na cultura do feijão cultivado sob diferentes níveis de irrigação, 25% (A), 50% (B), 75% (C), 100% (D), 125% (E) e 150% (F) da  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, cultivado no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.



Autor, 2023.

As variáveis IAF, matéria seca total e altura do dossel foram submetidas a equação de Pic Log normal de 3 parâmetros no Sigma Plot, e gerou os valores de coeficientes que estão na Tabela 6.

Tabela 6. Valores dos coeficientes da equação Pic Log Normal de 3 Parâmetros, para determinação do índice de área foliar (IAF), altura de plantas (h) e massa seca total por planta (MST), em diferentes níveis de irrigação, 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.

<b>NL</b>	<b>Valores IAF 25%</b>		<b>Valores h 25%</b>		<b>Valores MST 25%</b>	
<b>25%</b>	A	5,35	a	43,52	a	109,62
	B	0,46	b	1,07	b	0,50
	$x_0$	44,65	$x_0$	40,28	$x_0$	46,94
	$R^2$	0,94	$R^2$	0,99	$R^2$	0,88
<b>NL</b>	<b>Valores IAF 50%</b>		<b>Valores h 50%</b>		<b>Valores MST 50%</b>	
<b>50%</b>	A	5,52	a	46,82	a	151,52
	B	0,45	b	1,04	b	0,59
	$x_0$	44,55	$x_0$	41,94	$x_0$	49,07
	$R^2$	0,95	$R^2$	0,98	$R^2$	0,96
<b>NL</b>	<b>Valores IAF 75%</b>		<b>Valores h 75%</b>		<b>Valores MST 75%</b>	
<b>75%</b>	A	5,65	a	50,00	a	199,38
	B	0,43	b	1,01	b	0,74
	$x_0$	44,14	$x_0$	42,42	$x_0$	65,34
	$R^2$	0,98	$R^2$	0,98	$R^2$	0,98
<b>NL</b>	<b>Valores IAF 100%</b>		<b>Valores h 100%</b>		<b>Valores MST 100%</b>	
<b>100%</b>	A	6,38	a	61,26	a	197,36
	B	0,45	b	0,88	b	0,66
	$x_0$	42,35	$x_0$	41,83	$x_0$	54,35
	$R^2$	0,92	$R^2$	0,95	$R^2$	0,99
<b>NL</b>	<b>Valores IAF 125%</b>		<b>Valores h 125%</b>		<b>Valores MST 125%</b>	
<b>125%</b>	A	6,74	a	61,90	a	204,00
	B	0,45	b	0,87	b	0,72
	$x_0$	42,26	$x_0$	41,49	$x_0$	58,96
	$R^2$	0,90	$R^2$	0,93	$R^2$	0,98
<b>NL</b>	<b>Valores IAF 150%</b>		<b>Valores h 150%</b>		<b>Valores MST 150%</b>	
<b>150%</b>	A	7,07	a	61,78	a	218,10
	B	0,44	b	0,88	b	0,84
	$x_0$	41,48	$x_0$	41,42	$x_0$	73,24
	$R^2$	0,91	$R^2$	0,95	$R^2$	0,98

Autor, 2023.

O máximo valor de IAF estimado pelo modelo matemático Pic Log normal de 3 parâmetros, foi 7,1, aos 41 DAP, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,91, nas áreas irrigadas com 150% da  $ET_C$ . Nesses tratamentos a lâmina total de irrigação (chuva efetiva mais irrigação) foi 362,6 mm. E, o menor IAF máximo, estimado foi 5,4, observado aos 45 DAP,

nas áreas irrigadas com 25% da  $ET_C$ , a menor lâmina total (221,4 mm), e o  $R^2$  foi 0,94 (Figura 5 e Tabela 6).

Pavani et al. (2009), em Jaboticabal, SP, encontrou valores de IAF máximo de 3,5 a 4,4 aos 66 e 69 dias após o plantio, em cultivos irrigados com dois sistemas de irrigação, valores bem abaixo dos encontrados neste trabalho. E, um dos motivos desses IAFs baixos pode ter sido a cultivar utilizada ou o clima da região, que não favoreceu ao crescimento das plantas.

Soureshjania (2018), trabalhando com dois genótipos e com déficit hídrico, demonstrou que uma irrigação deficitária, e com que o IAF das duas cultivares de feijão-comum (KS21486 e KS21193) diminuiu por causa do déficit hídrico e isso fez diminuir também a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Consequentemente, isso levou a uma redução de 27% dos fotoassimilados.

A altura máxima das plantas (h), determinada pelo modelo Pic Log normal de 3 parâmetros, com  $R^2$  de 0,93, foi 61,9 cm, nas áreas irrigadas com 125% da  $ET_C$  (lâmina total de 322,9 mm), aos 41 DAP. E, o menor valor de “h” (43,5 cm), uma redução de 29,7 % em relação à altura de plantas máxima obtida. Esse valor foi constatado nos tratamentos de 25% da  $ET_C$ , aos 40 DAP e o  $R^2$  também foi 0,93 (Figura 5 e Tabela 6).

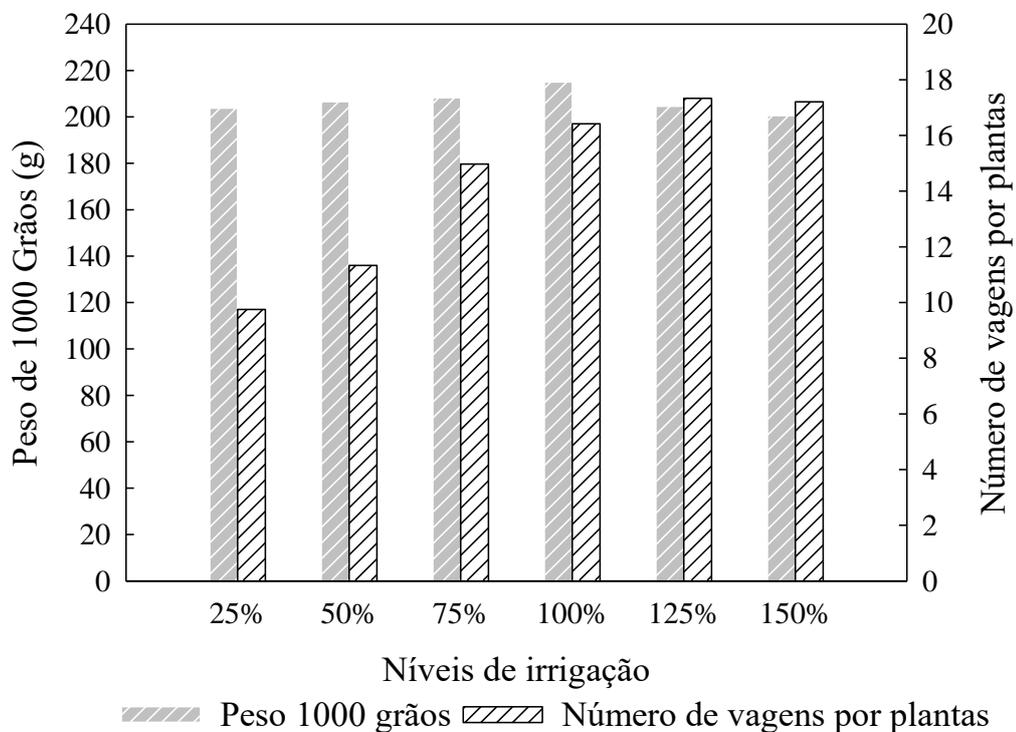
Zillio et al. (2013) estudando 26 genótipos de feijoeiro, nos municípios de Joaçaba e Lages, em Santa Catarina, na safra 2008/2009, encontraram resultados que corroboraram com este trabalho, média 60,0 cm de altura de plantas para genótipos de hábito de crescimento determinado.

A maior massa seca de plantas, estimadas pelo modelo, foi de 218,1 gramas por planta, aos 73 DAP com  $R^2$  de 0,98, nas áreas irrigadas com 150% da  $ET_C$ . E, a menor massa seca de plantas foi verificado no nível de irrigação de 25% da  $ET_C$ , 109,6 gramas por planta, aos 47 DAP, com  $R^2$  de 0,88, o equivalente a 49,74% de redução da massa seca das plantas (Figura 5 e Tabela 6). Isso indica que quanto mais água no ciclo do feijoeiro, mais a planta acumula massa seca.

Na Figura 6, observa-se que o nível de irrigação de 100% da  $ET_C$  (286,4 mm) resultou no maior peso de 1000 grãos, cerca de 215,1 g e nas plantas irrigadas com 150% da  $ET_C$ , ocorreu o menor peso de 1000 grãos (200,1 g), diferença pequena e estatisticamente insignificante de 6,9%. Na mesma Figura 6, é possível ver que o nível de irrigação de 125% da  $ET_C$ , foi produzido o maior número de vagens por planta (17,3 vagens por planta). Já o nível de 25% da  $ET_C$ , foi produzido 43,9%, a menos (9,7 vagens por planta).

A Embrapa Arroz e Feijão, que desenvolveu a cultivar rosinha (BRS Veredas) a classificou como cultivar tipo 2, com ciclo de produção de 95 dias e o peso de 1000 grãos de 263,0 g (Embrapa, 2021). Em cultivo irrigado, no estado de Alagoas, essa cultivar tem comportamento parecido com as cultivares do tipo 1, com ciclo de 77 dias e peso de 1000 grãos com cerca de 215,0 g, quando irrigada com 100% da  $ET_C$ , chegando bem próximo do potencial da cultivar. Isso demonstra que a cultivar rosinha teve um bom desempenho nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, ao ser plantada no verão, com irrigação.

Figura 6. Peso de mil grãos (g), número de vagens por plantas de feijão comum, irrigado com 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150%  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.



Fonte: Autor (2023).

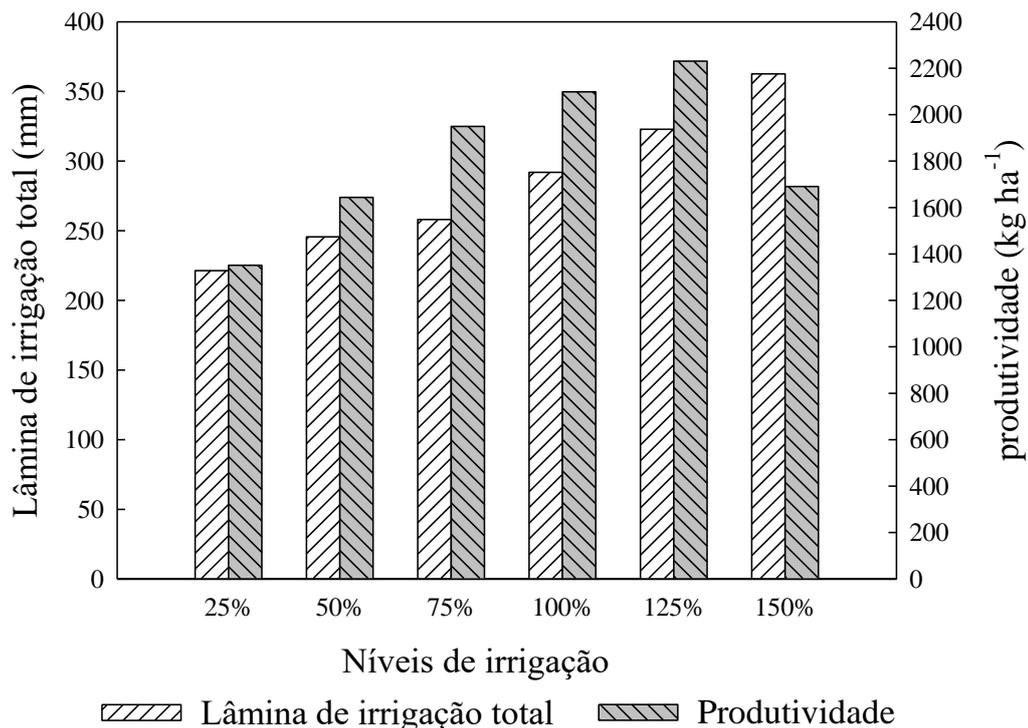
Na Figura 7, observa-se que houve aumento de produtividade até o nível de irrigação de 125% da  $ET_C$  (322,9 mm), que atingiu cerca de 2.230,0 kg ha<sup>-1</sup>. O nível de irrigação de 25% da  $ET_C$ , como era esperado teve a menor produtividade, 1.351,0 kg ha<sup>-1</sup>. Também se constata que ao aumentar o nível de irrigação até 150% da  $ET_C$ , a produtividade diminui para 1.690,2 kg ha<sup>-1</sup>.

Santana (2009), trabalhando com a cultura do feijão, com diferentes lâminas de irrigação, em dois experimentos, na região de Santo Antônio em Goiás, verificou que independente da época de suspensão da irrigação, houve aumento na produção em função da lâmina de água

aplicada e que o aumento da produtividade foi até ao nível de 100% da  $ET_C$ . Depois constatou que acima desse valor a produtividade decresce e esses resultados corroboram com o que foi encontrado neste trabalho. E, isso acontece porque à medida que a lâmina de irrigação total ultrapassa 100% da  $ET_C$ , a cultura sofre um efeito negativo devido ao estresse hídrico por excesso de água.

A produtividade média brasileira do feijão comum, em regime de sequeiro, é 1.030,0 kg  $ha^{-1}$  e a média alagoana é 530,0 kg  $ha^{-1}$  (CONAB e IBGE, 2022). E, nessa pesquisa, a produtividade do cultivo irrigado com 125% da  $ET_C$  foi 2.230,0 kg  $ha^{-1}$ . Isso mostra que a irrigação fez com que a cultura do feijão tenha produtividade superior, à média nacional e que a irrigação proporciona aumento de mais de 100,00% de rendimento agrícola em relação à média nacional. E, Alagoas, acima de 400,00%, em relação à média alagoana.

Figura 7. Lâmina de irrigação total (Chuva efetiva mais irrigação - mm) e produtividade (kg  $ha^{-1}$ ), nos níveis de irrigação de 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da  $ET_C$ , na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.

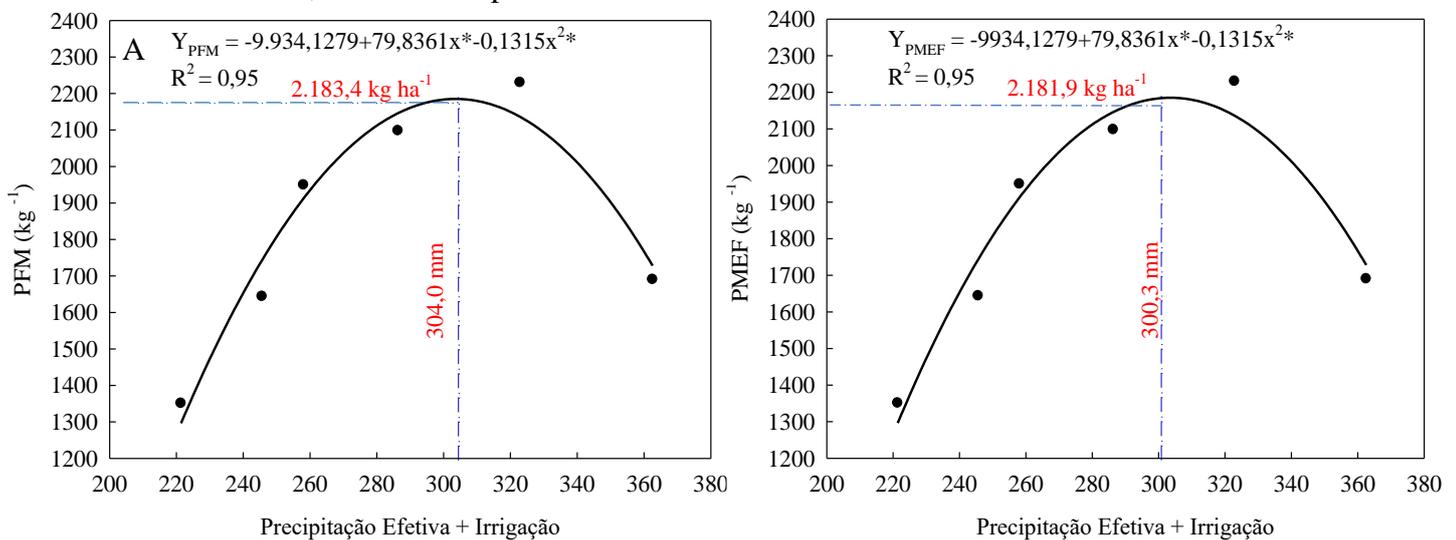


Fonte: Autor (2023).

A produtividade física máxima (PFM) do feijoeiro, estimada pelo modelo matemático polinomial quadrática, é 2.183,4 kg  $ha^{-1}$  (Figura 8A), atingida com a lâmina de irrigação total estimada de 304,0 mm (chuva efetiva mais irrigação). E, a produtividade de máxima eficiência financeira (PMEF) da cultura do feijão, com o preço médio R\$ 5,55 reais por quilo, e o valor

do milímetro aplicado de R\$ 4,74 reais, é 2.182,0 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 8B), em um ciclo de produção de 3 meses, com a lâmina de irrigação total de 300,0 mm (chuva efetiva mais irrigação). Na Figura 8, pode ser observado que há uma diferença pequena da PFM e PMEF, cerca de 0,07% na produtividade e 1,08% na lâmina total, sendo válido aplicar a lâmina da PFM. Os valores calculados para PFM (2.183,4 t ha<sup>-1</sup>, com 304,0 mm), foram próximos aos valores das áreas irrigada com 125% da ET<sub>C</sub>, com uma diferença para menos de 2,1% na produtividade e 7,0% na lâmina total.

‘Figura 8. Produtividade física máxima – PFM (A) e Produtividade de máxima eficiência Financeira – PFM (B), do feijão sob níveis de irrigação, na região de Rio Largo, AL, cultivada no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016.



\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Fonte: Autor (2023).

Justino (2019), avaliando o retorno econômico do sistema de irrigação por pivô central, em Santo Antônio - GO, observou uma produtividade de 1.830 kg ha<sup>-1</sup>, com irrigação de 70% da ET<sub>C</sub>. Esse resultado corrobora com a produtividade encontrada, nessa pesquisa, que com o nível de irrigação 75% da ET<sub>C</sub>, a produtividade foi 1.949,3 kg ha<sup>-1</sup>. O mesmo autor também destaca que o nível de irrigação de 70% da água disponível do solo que foi a maior lâmina utilizada, correspondeu a R\$ 3,31 reais por quilograma de feijão (custo de capital, valor do sistema de irrigação instalado mais o custo do manejo).

Neste trabalho, para conseguir 2.230,0 kg ha<sup>-1</sup> é preciso uma lâmina total de 322,89 mm (0,00 mm de chuva e 322,89 mm de irrigação), correspondente ao nível de 125% da ET<sub>C</sub>, o custo da energia elétrica foi R\$ 0,24 por kg de feijão por hectare, e os custos do sistema de irrigação por aspersão, instalado, (capital) foi de R\$ 0,69 reais por quilo de feijão por hectare,

portanto, o ponto de equilíbrio fica em torno de R\$ 0,93 reais por kg de feijão, que representa apenas 17,76% do preço do feijão, observado por ocasião da análise financeira.

## 6. CONCLUSÕES

O cultivo do feijão comum, na Zona da Mata alagoana, no período de novembro a fevereiro do ano seguinte (estação seca da região), com um ciclo de cultivo de 78 dias, acumula uma evapotranspiração da cultura de 310,0 mm e passa por deficiência hídrica média de 115,0 mm. Portanto, só deve ser cultivado com irrigação. A produtividade física máxima dessa cultura, nessa região, é 2.183,4 t ha<sup>-1</sup>, obtida com 304 mm de lâmina de água total (chuva efetiva mais irrigação) e a produtividade de máxima eficiência financeira é 2.182,0 t ha<sup>-1</sup>, alcançada com 300,0 mm de lâmina total de irrigação (chuva efetiva mais irrigação)

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: **Food Agriculture Organization of the United Nations**, 1998. 301p.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G., Variabilidade dos índices de colheita de nutrientes em genótipos de feijoeiro e sua relação com a produção de grãos. **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ**. p. 137- 146. 2012.
- BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; EBERHARDT, P. E. R.; EICHHOLZ, C. J.; GREHS, R. C., Indicações Técnicas para Produção de Sementes de Feijão para a Agricultura Familiar, **EMBRAPA**, p. 1-16, Pelotas – RS, dezembro 2013, ISSN 1516-8832.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, J. P.; BORÉM, A., Feijão do plantio à colheita, p. 173, 179, Viçosa, Ed. **UFV**, 2015.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN C.; Estimação da área foliar de feijão guandu por dimensões foliares, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.1, p.1-8, jan, 2015.
- CARVALHO, J. J.; SAAD, J. C. C.; CUNHA, N. C.; SILVA, F. N.; SILVA, N. C.; TEIXEIRA, M. B.; Manejo da irrigação no feijoeiro, cultivado em semeadura direta e convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** V. 8, n° 1, P 52-63, 2014.
- COÊLHO, J. D.; XIMENES. L. F. Produção de grãos: feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, ano 5, n. 143, p.1-7 2020.
- CONAB, ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, 12º Levantamento - Safra 2021/22, Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos, <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>> acessado 01 agosto de 2023.
- CONAB, ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS, SAFRA 2021/22, volume 9, p. 1-40, março 2022.

EMBRAPA, <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao>> acessado 05 janeiro de 2023.

Embrapa Arroz e Feijão, < <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/cultivares/rosinha>> acessado 06 Abril de 2023.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, pulses contribute to food security, <<https://www.fao.org/world-pulses-day/en/>> Acessado: 19 janeiro de 2023.

FAOSTAT, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Crops and livestock products, < <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> Acessado: 19 janeiro de 2023.

FARIAS, R. F. DE L.; ALENCAR, K.; SILVA, N. Climatologia de ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do sertão pernambucano. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 930–941, 2012.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WERNER, F.; PASSOS, J. N. N.; ZUCARELI, C., Índice de área foliar de duas cultivares de soja em resposta à redução da densidade de plantas, anais viii **congresso brasileiro de soja**, Goiânia – GO, junho 2018.

FERREIRA JUNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO I.; LYRA, G. B.; NETO, R. A. A., Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.18, n.8, p.798–804, 2014.

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas. **Passo Fundo**: Ed. da UPF, 2004.

GONZAGA, A. C. O. Feijão: O PRODUTOR PERGUNTA, A EMBRAPA RESPONDE. 2 ed. Ver. E ampl. – Brasília, DF: **Embrapa** 2014. Cap.: 1, p.: 16.

IBGE, <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/14/10193>. Acessado 21 março de 2021.

JOBIM, C. I.; MATTUELLA, J.; LOUZADA, J. A., Viabilidade econômica da irrigação do feijão no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, **REGA**, Vol. 6, no. 1, p. 5-15, jan./jun. 2009

JUSTINO, L. F.; JÚNIOR. J. A.; BATTISTI, R.; HEINEMANN, A. B.; LEITE, C. V.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D., Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil,

**Agricultural Water Management**, p. 1-7, 12 August 2019, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105749>.

LOCATELLI, V E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S., Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.18, n.6, p.574–580, 2014.

LUENENBERG, Z. A. V.; NETO, P. H. W.; GARBUIO, P. W.; DELALIBERA, H. C., Consumo e custo da aplicação de água por irrigação, *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, PR, v.5, n.2, p.293 – 300, Maio/Ago. 2009, ISSN 1808 – 0251.

MAGALHÃES, I. D. Cultivo do feijão irrigado e uso do aquacrop em alagoas. p. 119, Tese (Doutorado em Agronomia) **Centro de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas**. Rio Largo, 2017.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVEIRA, P. M., Conhecimento a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos – Brasília, DF. **EMBRAPA** 2018.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; PEREIRA, G. T., Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo, **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 453-459, 2009.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI L. R.; SENTELHAS P. C., *Meteorologia Agrícola*. Fev. 2007. Cap.: 12, p. 79.

PINTO JÚNIOR, R. A., Controle Genético do Índice de Colheita no Feijoeiro. p - 49. Dissertação (mestrado acadêmico) – **Universidade Federal de Lavras**. LAVRAS-MG 2016.

SANTANA, A. V.; HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; NASCENTE, A. S., ÍNDICE DE REFLETÂNCIA NA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR E BIOMASSA DAS FOLHAS EM FEIJÃO-COMUM, **Colloquium Agrariae**, v. 12, n.1, Jan-Jun. 2016, p.07-19. DOI: 10.5747/ca.2016. v12.n1.a128.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J.A.; ANDRADE, M.J.B; GERVÁSIO, G.G.; BRAGA, J.C.; LEPRI, E.B., Technical and economic viability of the application of water on the culture of

common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a aplicação de água na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), p. 532-538, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, mar./abr., 2009.

SILVA, O. F. Sócio economia. Embrapa arroz e feijão. 2022 <<https://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefeijao.htm>> Acesso em: 09/04/2023.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E, Ofeijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro, Santo Antônio de Gois: **EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO**, P. 1 – 61, ano 2013.

SILVA, R. B. Crescimento e Produtividade da Mandioca Sob Níveis de Irrigação. 2021. p. 36 – 53. Tese (Doutorado em Agronomia) – **Universidade Federal de Alagoas**, Alagoas, 2021.

SILVA, R. R.; SCARIOTTO, S.; MALAGI, G.; MARCHESE, J. A. Análise de crescimento em feijoeiro cultivado sob diferentes densidades de semeadura. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.13, n.2, p.41-51, Jul/Dez. 2012.

SINDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automático, <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2023>. Acessado 21 março de 2021

SOURESHJANI, H. K.; NEZAMI, A.; KAFI, M.; TADAYON, M., Response of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to déficit irrigation. **Agricultural Water Management**. p. 270 – 279. Setembro de 2018, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.038>.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da Precipitação Pluvial e Temperatura do Ar na Região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL. Período 1972 – 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n.1, p. 131 – 141, 2004.

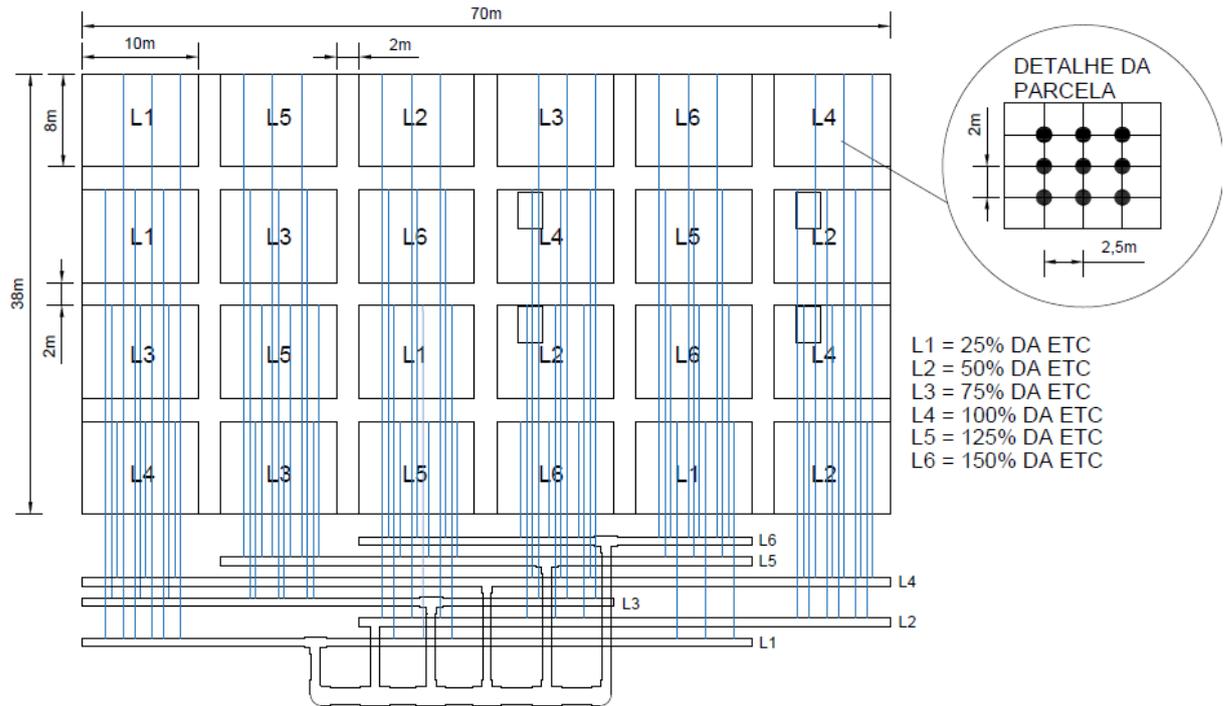
THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology - **Laboratory of Climatology**, 1955.

VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM A.; FEIJÃO 2ª edição atualizada – **Viçosa** – 2013 pag.: 171.

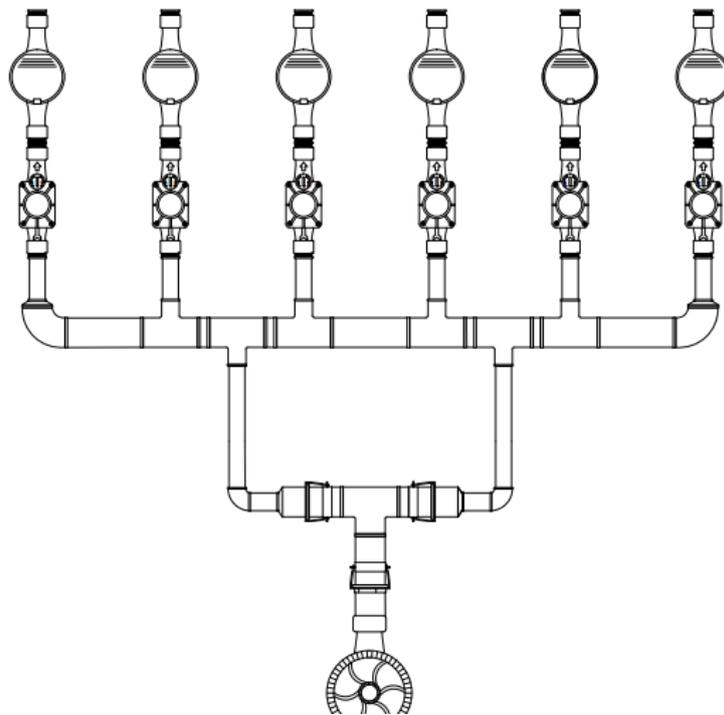
ZILIO, M.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; MIQUELLUTI, D. J.; MICHELS, A. F., Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State, **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 35, n. 1, p. 21-30, Jan.-Mar., 2013.

## **ANEXOS**

### Anexo 1. Croqui do Experimento.



### Anexo 2. Cabeçal de Controle.



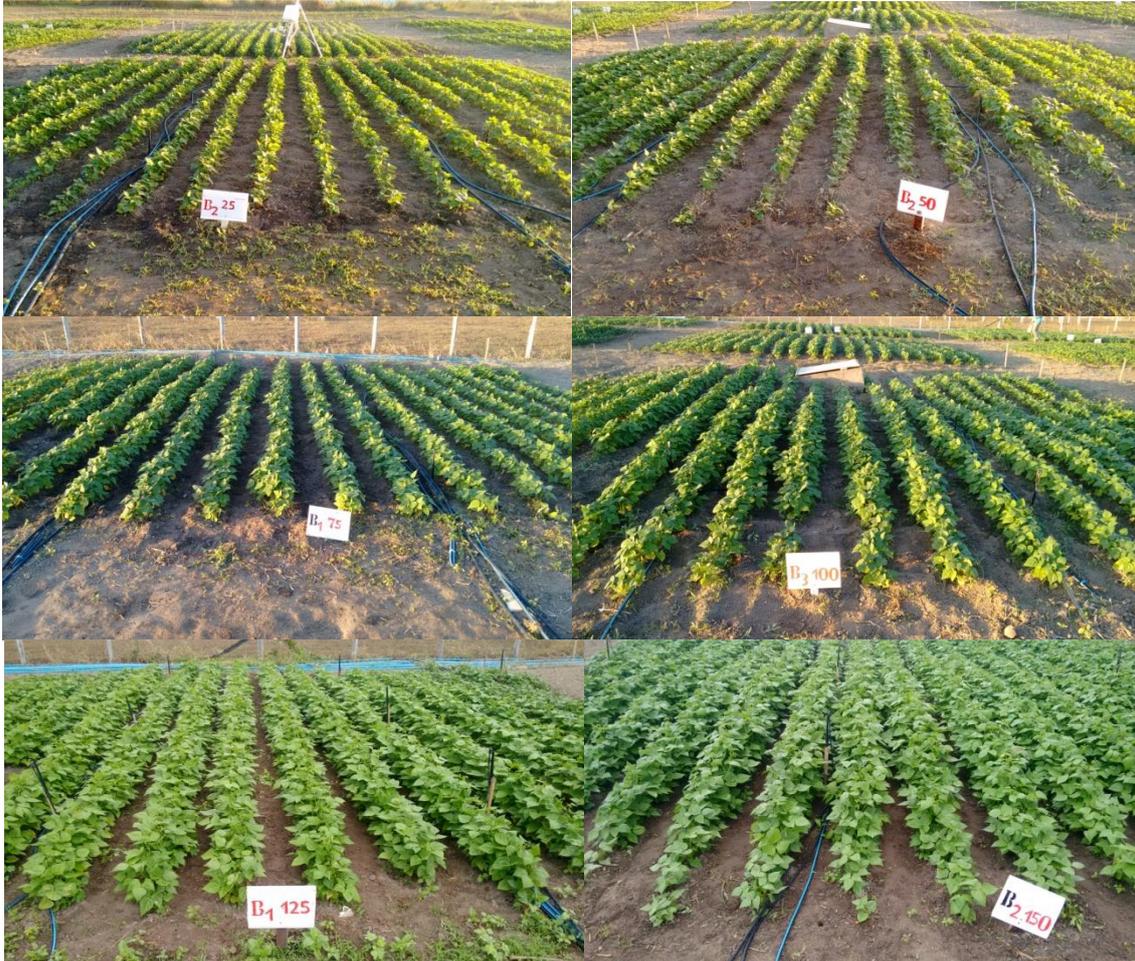
**Anexo 3. Foto do Experimento.****Anexo 4. Calagem da área experimental.**

**Anexo 5. Instalação do experimento.**

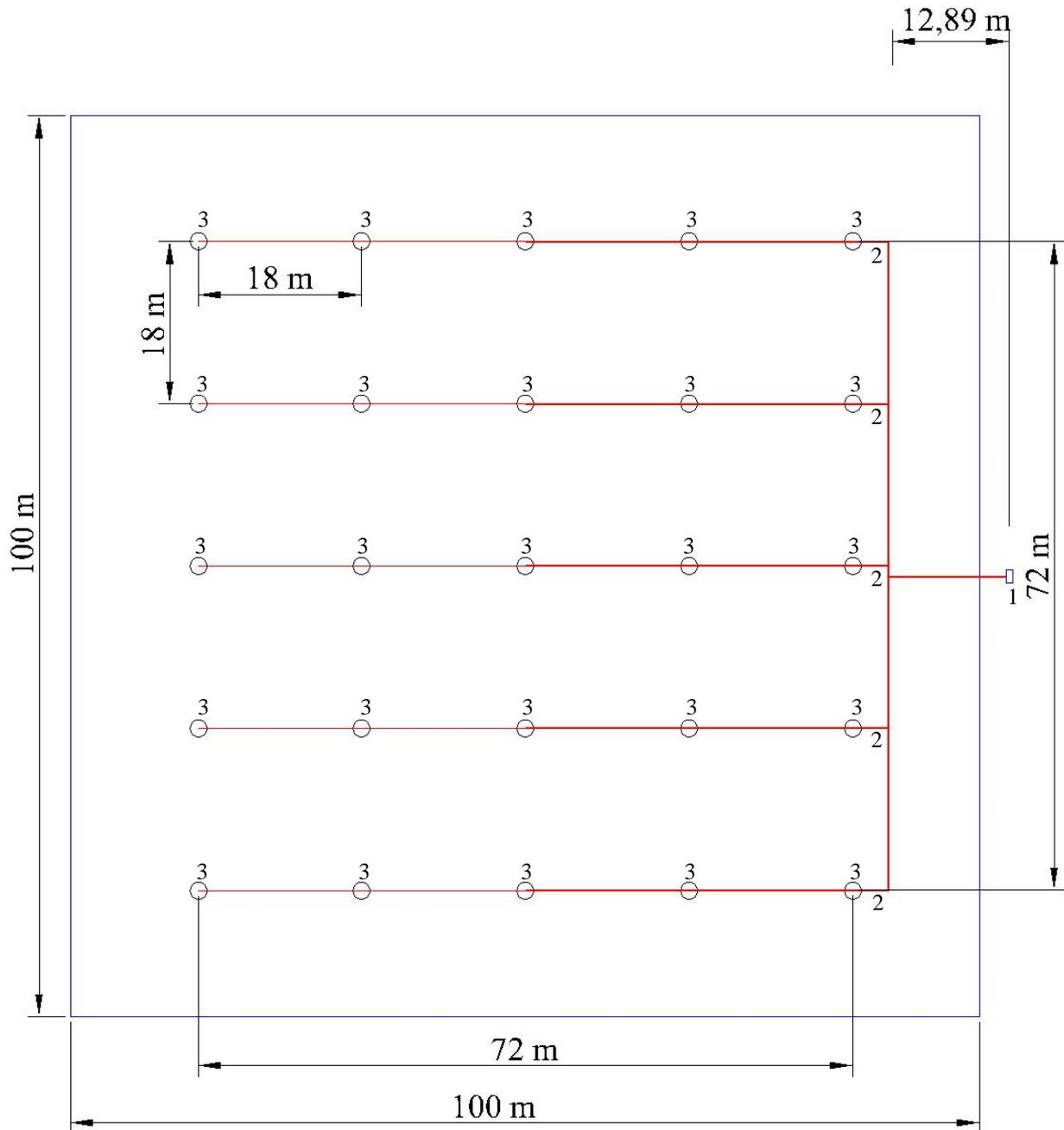


## Anexo 6. Calibração do sistema de irrigação e tratos culturais.



**Anexo 7. Fotos do experimento aos 35 DAS.**

### Anexo 8. Croqui do Projeto de Irrigação para Avaliação Financeira.



1 – Casinha de bomba

2 – Registro de 50 mm

3 – Aspersores da agropolo NY-30 laranja longo (2850BV/2879-BVL)

Observação: Quase toda a tubulação do projeto, foi feita com tubos de 50 mm Pn 60 e apenas nos últimos 18 metros da tubulação da linha de lateral foi colocado tubos de 25 mm Pn 40.