

## MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM (*PHASEOLUS VULGARIS L.*) UTILIZANDO TENSIOMETRIA

Elton Araújo Sousa Júnior\*

Ricardo Roberto da Silva\*

Fernando Martins Araújo\*

Márcio José de Santana\*\*

**RESUMO:** Apesar de o Brasil ser o primeiro produtor mundial de feijão, a produtividade é baixa e a irrigação, como qualquer prática agrícola, por si só não garante boas colheitas. Porém, quando acompanhada de práticas recomendáveis, os índices de produtividade se elevam, superando aqueles normalmente alcançados. O objetivo desse trabalho foi estudar a tensão de água no solo que proporciona maiores e melhores produtividades do feijoeiro comum, na região de Patos de Minas, MG e, por fim, levar essas informações ao produtor, com o intuito de aproximar a tecnologia do manejo racional da água no solo. O experimento foi instalado na área experimental situada no Campus II do Centro Universitário de Patos de Minas, Fazenda Canavial, no município de Patos de Minas, MG. A cultivar utilizada foi Pérola, com espaçamento de 0,45 cm entre fileiras e 12 plantas por metro linear. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 tratamentos de tensão de água no solo: 10 kPa, 30 kPa, 50 kPa e 70 kPa utilizando 3 repetições (blocos), totalizando 12 parcelas experimentais. A tensão de água no solo de 30 kPa foi a que proporcionou maiores e melhores produtividades do feijoeiro comum, na região de Patos de Minas, MG.

**Palavras-chaves:** *Phaseolus vulgaris* L. Irrigação. Tensiometria.

**ABSTRACT:** Although Brazil to be the first world-wide Beans producer, the productivity is low e, the irrigation, as any practical agriculturist, by itself does not guarantee good harvests. However, when folloied of practical recommendable they raise the productivity indices, beyond surpassing those normally reached. The objective of this work is the study of the water tension in the ground that provides to greaters and better

---

\* Estudante do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)

\*\* Professor Assistente do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e orientador da pesquisa

productivity of the common feijoeiro, in the region of Patos de Minas, MG. and finally, the survey of information to the producer, that will serve of approach of the technology of the rational handling of the water in the ground. The experiment was installed in the situated experimental area in Campus II of the University Center of Patos de Minas, Canavial Farm, in the city of Patos de Minas, MG. to cultivate used was Pearl with spacing of 0,45 cm between rows and 12 plants for linear meter. The used experimental delineation randomized-block desing, with 4 treatments of water tension in the ground: 10 kPa, 30 kPa, 50 kPa and 70 kPa using 3 repetitions (blocks), totalizing 12 parcels experimental. The water Tension in the ground of 30 KPa was the one that provided to greater and better productivities of the common feijoeiro, in the region of Patos de Minas, MG.

**Word-keys:** Phaseolus vulgaris L.Irrigation. Tensiometria.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas plantadas no país, com importante papel social e econômico. Nota-se, porém, que, apesar de o Brasil ser o primeiro produtor mundial, a produtividade é baixa. A média brasileira circunda em torno de, aproximadamente, 12 sacos ha<sup>-1</sup>, quando esse valor poderia ser de 60 sacos ha<sup>-1</sup>. Diversos fatores contribuem para essa baixa produtividade, como uso incorreto e restrito de insumos, baixa tecnologia em algumas áreas, uso de sementes não certificadas, manejo inadequado da irrigação em épocas de necessidade, dentre outros. Diante de todos esses fatores, a irrigação no período de seca se torna essencial para a manutenção de plantas com vigor e produtividade desejada.

A irrigação, como qualquer prática agrícola, por si só não garante boas colheitas. Porém, quando acompanhada de práticas recomendáveis, como escolha de variedades produtivas, uso de sementes selecionadas e adubação em quantidade e épocas apropriadas, elevam os índices de produtividade, além de superar aqueles normalmente alcançados, principalmente na entressafra, quando os produtos alcançam melhores preços.

Existem várias metodologias e critérios que podem ser utilizados para se estabelecer a programação das irrigações. Tais técnicas vão desde simples turno de rega a complexos esquemas de integração do sistema solo-água-planta-atmosfera. Entretanto, muitas dessas metodologias ainda não são acessíveis para uso prático

pelos agricultores irrigantes. Reconhece-se que o agricultor só irá adotar uma recomendação de irrigação, caso ela seja suficientemente simples e precisa, apresente um baixo custo, resulte em economia de energia e possibilite, no campo, a determinação do momento mais adequado para as irrigações.

Medidas de tensão de água no solo têm sido consideradas como alternativas adequadas para avaliação indireta da deficiência hídrica de uma cultura e, portanto, passíveis de utilização em esquemas de manejo da irrigação. Nesse caso, o tensiômetro tem sido apontado como instrumento suficientemente preciso e simples para estabelecer o momento de irrigação e indiretamente determinar quantidade de água necessária para reposição ao solo por ocasião da irrigação.

Um manejo otimizado de irrigação requer uma estimativa sistemática do estado de água no solo para determinar as quantidades apropriadas e o tempo de irrigação. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos, acima e abaixo, onde a água disponível para a planta não é limitada.

O potencial matricial é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas, o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo. Existe uma série de instrumentos utilizados na determinação da tensão de água no solo, porém, medida do potencial matricial por meio das leituras de tensiômetros tem sido um dos mais utilizados, em função da facilidade de aquisição dos mesmos.

Assim, a determinação da umidade do solo é de vital importância para promover o manejo adequado do uso da água no solo e de sistemas de irrigação como um todo. Por sua vez, o manejo eficiente de sistemas de irrigação favorece o desenvolvimento adequado das plantas.

Uma vez implantado o equipamento de irrigação, o produtor necessita de uma estratégia de manejo de água adequada para atender as necessidades hídricas da cultura.

Nessa premissa, estudos deverão ser realizados, considerando o momento oportuno de irrigar, bem como a quantidade ideal de água a aplicar. Assim, haverá usos racionais por técnicos e agricultores, resultando em menor consumo de energia (equipamentos funcionando por menos tempo). A busca de informações direcionadas servirá de avanço à linha de pesquisa de Irrigação e Manejo Sustentável da Água, sendo uma forma importante de estudo, que difundirá pelos meios técnicos e científicos a possibilidade de obtenção de formas mais “ambientalmente” corretas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

O experimento foi conduzido na área experimental situada no Campus II do Centro Universitário de Patos de Minas, Fazenda Canavial, no município de Patos de Minas, MG. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos de tensão de água no solo: 10 kPa, 30 kPa, 50 kPa e 70 kPa. Foram utilizadas três repetições (blocos), totalizando doze parcelas experimentais. Cada parcela foi de 2,5 x 3,5 m. Foram cinco linhas de plantas em cada parcela, com aproximadamente quarenta e duas plantas, totalizando duzentas e dez plantas em cada parcela experimental. As duas linhas da extremidade de cada parcela, bem como as cinco primeiras plantas de cada linha, foram utilizadas como bordadura. As demais, chamadas de plantas úteis (onde serão coletados os dados vegetativos).

### **2.2 CONDUÇÃO DA CULTURA E SEMEADURA**

A semeadura foi realizada no mês de abril de 2006, no período de seca, utilizando a cultivar pérola. Foram realizadas capinas com herbicidas seletivos do grupo fomesafen. Pulverizações foram realizadas para controle de algumas doenças e pragas, utilizando produtos à base de oxiclureto de cobre, mancozeb, acephate, dentre outros. O tratamento das sementes foi realizado antes da semeadura com captan e benomyl.

### **2.3 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

O preparo dos tensiômetros seguiu os seguintes passos:

- a) a tampa foi removida e enchida com água destilada;
- b) foi colocado o tensiômetro em um balde com água, durante 2 - 4 dias, de modo que a cápsula ficasse submersa. O nível da água dentro do tensiômetro foi mantido acima do nível da água no balde;
- c) com auxílio de uma bomba de vácuo acoplada ao tensiômetro, a água foi succionada através da cápsula até cessar a subida de bolhas de ar;
- d) o tubo foi completado com água e fechado com a tampa;

e) foi retirado o tensiômetro do balde e pendurado ao ar livre, para que a água evaporasse através da cápsula.

Para uma instalação adequada, procederam-se aos seguintes passos:

a) foi feito um buraco até a profundidade desejada com um trado. O solo foi molhado ligeiramente ao redor do tubo, para que não caísse terra dentro da perfuração;

b) o tensiômetro foi introduzido no buraco, de forma que houvesse um perfeito contato da cápsula com o solo;

c) o solo foi elevado em volta do tensiômetro (cerca de 3 cm), para evitar infiltração de água junto ao tubo;

d) foi promovida a escorva dos tensiômetros (retirada do ar);

e) foi colocada uma estaca a 10-15 cm do tensiômetro, para que esse pudesse ser facilmente localizado e não fosse danificado.

O sistema de irrigação foi do tipo localizado, utilizando-se microaspersores com hastes a 36 cm do solo, sendo estes da marca Naan®, com vazão de 28 L h<sup>-1</sup> e pressão de serviço de 35 mca. Próximo ao experimento, foi instalado um conjunto moto-bomba com potência de 1 cv, que acionará os microaspersores. Foram quatro microaspersores em cada parcela experimental, em uma sobreposição de 50%. Registros de gaveta controlaram a água de irrigação.

Foram instalados dois tensiômetros a 0,10 m (decisão) e 0,30 m (controle) de profundidade em três parcelas de cada tratamento, totalizando trinta tensiômetros, em todo experimento.

## 2.4 CONTROLE DA IRRIGAÇÃO

O cálculo do tempo foi com base nos sensores de 0,10 e 0,30 metros. As leituras fornecidas em bar pelo tensiômetro de punção foram transformadas em kPa por meio da equação 1.

$$\Psi = L - 0,098 \times h \quad (1)$$

em que:

$\Psi$  = potencial matricial (kPa);

L = leitura do tensiômetro transformada em kPa;

$h$  = altura desde o ponto da leitura no tensiômetro até o centro da cápsula porosa (cm).

Com as tensões observadas, foram calculadas as umidades correspondentes, a partir das curvas características. De posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo, e considerando a profundidade do sistema radicular, estratificada em duas subcamadas (0-20 cm e 20-40 cm), foram calculadas as lâminas de reposição (Equações 1, 2 e 3).

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) * z \quad (2)$$

$$LB = \frac{LL}{(1-k) \times CU} \quad (3)$$

$$LB_{m\u00e9dia} = LB_{m\u00e9dia\ 10\ cm} + LB_{m\u00e9dia\ 30\ cm} \quad (4)$$

$$K = 1 - Ea \quad (5)$$

$$k = LR = \frac{CEa}{(5 \times CEe - CEa)} \quad (6)$$

$$T = \frac{LB_{m\u00e9dia} \times A}{e \times qa} \quad (7)$$

em que:

$LL$  = lâmina líquida de irrigação em cada subcamada (mm);

$\theta_{cc}$  = umidade na capacidade de campo ( $cm^3\ cm^{-3}$ );

$\theta_{atual}$  = umidade no momento de irrigar ( $cm^3\ cm^{-3}$ );

$z$  = profundidade do sistema radicular;

$LB$  = lâmina bruta de irrigação (mm);

$k$  = constante que leva em consideração a salinização do solo, bem como a eficiência de aplicação do sistema;

$Ea$  = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90);

$LR$  = lâmina necessária para lavagem do solo;

$CEa$  = condutividade elétrica da água de irrigação ( $dS\ m^{-1}$ );

$CEe$  = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $dS\ m^{-1}$ );

CU = coeficiente de uniformidade;

$LB_{\text{média}10\text{cm}}$  = lâmina obtida pela média das leituras dos sensores instalados a 0,10 m;

$LB_{\text{média}30\text{cm}}$  = lâmina obtida pela média das leituras dos sensores instalados a 0,30 m.

T = tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento;

A = área ocupada por planta ( $\text{m}^2$ );

E = número de emissores por planta;

$q_a$  = vazão média dos emissores ( $\text{L h}^{-1}$ ).

Foram realizados testes para a determinação da vazão nominal dos microaspersores e do coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação. Para isso, foi usada a equação 6, recomendada por MERRIAN & KELLER (1978), citados por CABELLO (1996).

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (8)$$

em que:

CU = coeficiente de uniformidade de distribuição;

$q_{25}$  = média das 25% menores vazões coletadas ( $\text{L h}^{-1}$ );

$q_a$  = média das vazões coletadas ( $\text{L h}^{-1}$ ).

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizadas análises de variância, utilizando o “software” Sisvar para Windows versão 4.3 (FERREIRA, 1999).

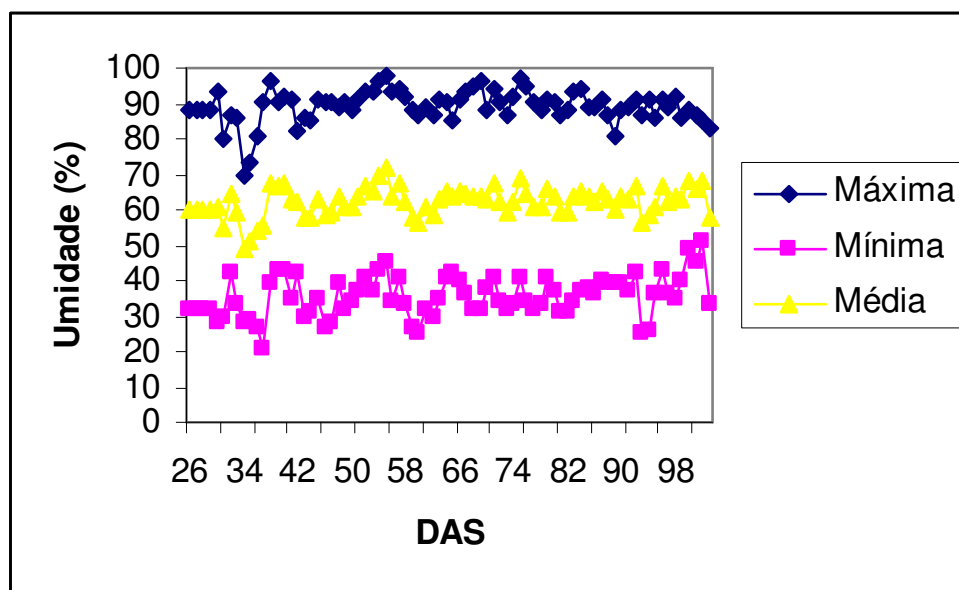
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 TEMPERATURA E UMIDADE DO AR

Nas figuras 1 e 2, são mostrados os valores de temperatura e de umidade registrados durante a condução do experimento (dias após semeadura – DAS). A temperatura média mínima foi de aproximadamente 10,8 ° C e a máxima, de 34 ° C. Temperaturas menores que 10° C reduzem o crescimento vegetativo e maiores que 40 ° C aumentam a queda de flores do feijoeiro.

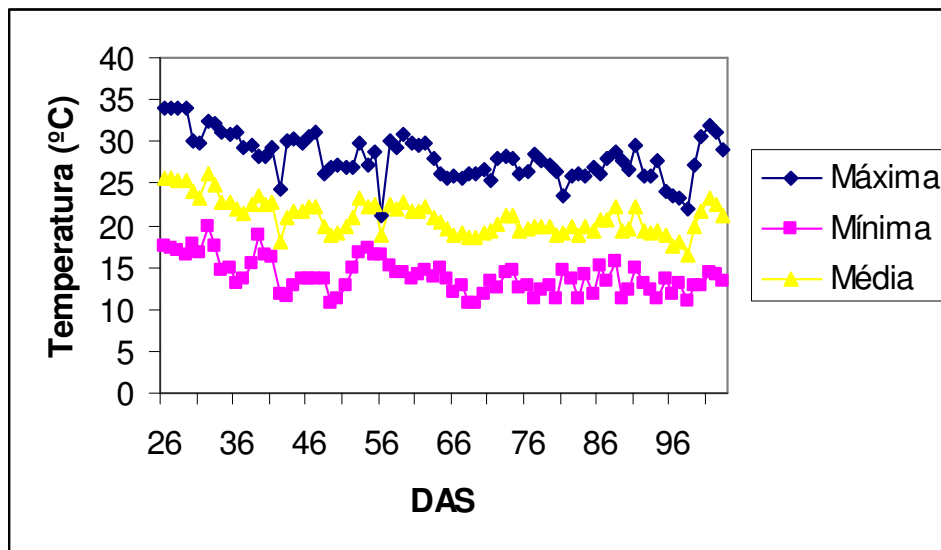
A umidade relativa média máxima apresentada foi de 97% com mínima de 21%. Valores superiores a 75% podem aumentar a incidência de doenças foliares no feijoeiro.

Dessa forma, não houve interferência negativa da temperatura e da umidade na condução do experimento.



**Figura 1:** Umidade registrada durante condução do experimento





**Figura 2:** Temperatura registrada durante condução do experimento

### 3.2 NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA

Conforme análise de número de vagens por planta, não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 1, a seguir:

**TABELA 1:** Análise de variância número de vagens por planta

Fonte de Variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	151.643958	50.547986 <sup>NS</sup>
Bloco	2	78.165017	39.082508
Erro	6	66.041717	11.006953
CV(%)	27.84		
Média	119.158.333		

<sup>NS</sup>, Não Significativo.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que, entre os tratamentos, aquele que proporcionou maior número de vagens por planta foi o tratamento utilizando 10 kPa (cf. tabela 2).

**TABELA 2:** Média geral número de vagens por planta

Tratamento	Médias Observadas	Médias Estimadas
10 kPa	14.33	15.67
30 kPa	13.67	13.17
50 kPa	13.67	10.67
70 kPa	6.00	8.17

### 3.3 NÚMERO DE VAGENS VERDES POR PARCELA ÚTIL

Conforme análise de número de vagens verdes por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>), foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 3.

**TABELA 3:** Análise de Variância Número de Vagens Verdes por Planta

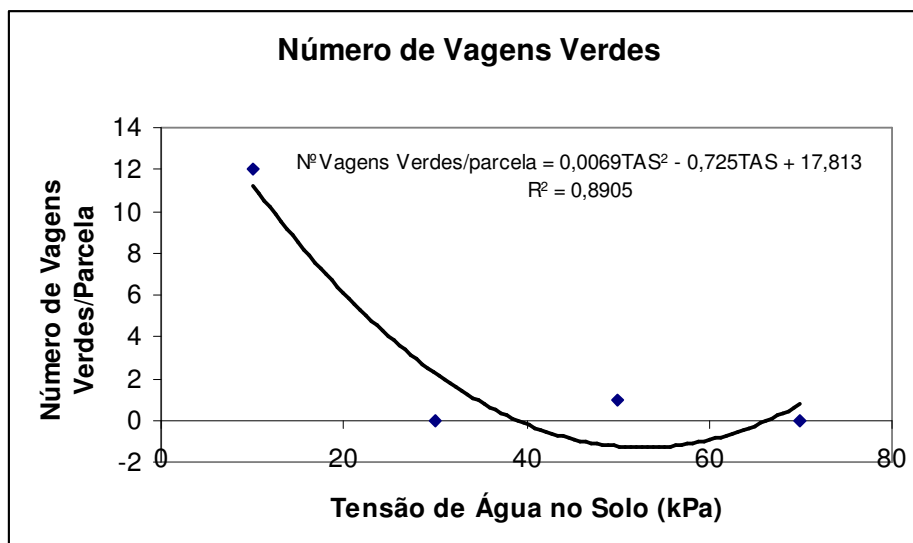
Fonte de Variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	308.250000	102.750000*
Bloco	2	15.500000	7.750000
Erro	6	22.500000	3.750000
CV(%)	59.58		
Média	3.250000		

\*, Significativo a 5% de probabilidade, segundo teste F.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que o número de vagens verdes contados por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>) em todas as parcelas não influenciou na produtividade, mas, quando se utiliza a tensão de 10 kPa, percebe-se uma maior quantidade de vagens verdes (cf. tabela 4).

**TABELA 4:** Média geral número de vagens por planta

Tratamento	Médias Observadas	Médias Estimadas
10 kPa	12.00	8.50
30 kPa	0.00	5.00
50 kPa	1.00	1.50
70 kPa	0.00	-2.00

**Figura 3:** Curva do número de vagens verdes por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>) do feijão em função da tensão de água no solo (kPa).

### 3.4 NUMERO DE GRÃOS DEISCENTES POR PARCELA ÚTIL

Conforme análise de número de grãos deiscentes colhidos por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>), não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 5.

**TABELA 5:** Análise de Variância Número de Grãos Deiscentes

Fonte de Variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	1891.505625	630.501875 <sup>NS</sup>
Bloco	2	744.782150	372.391075
Erro	6	1661.385250	276.897542
CV(%)	130.33		
Média	12.7675000		

<sup>NS</sup>, Não Significativo.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que o número dos grãos remanescentes no solo, após a colheita por parcela útil, não influenciou em perdas significativas na produtividade, mas percebe-se que, no tratamento utilizando a tensão de 30 kPa, obteve-se um maior número de grãos remanescentes no solo em relação aos tratamentos utilizando as tensões de 10, 50 e 70 kPa. (tabela 6).

**TABELA 6:** Média geral número de grãos deiscentes

Tratamento	Médias observadas	Médias estimadas
10 kPa	4.67	42.50
30 kPa	85.00	38.00
50 kPa	53.00	33.50
70 kPa	0.33	29.00

### 3.5 PESO DE GRÃOS DEISCENTES

Conforme análise de peso de grãos deiscentes por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>), foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 7.

**TABELA 7:** Análise de variância peso de grãos deiscentes

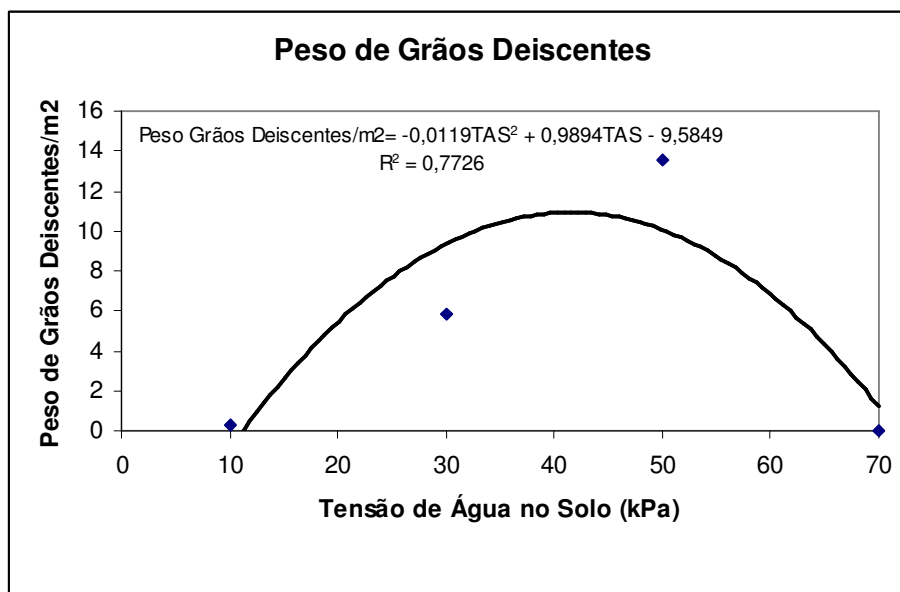
Fonte de variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	363.503425	121.167808*
Bloco	2	37.747550	18.873775
Erro	6	59.907050	9.984508
CV(%)	64		
Média	4.9375000		

\*, Significativo a 5% de probabilidade, segundo teste F.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que o peso dos grãos remanescentes no solo após a colheita por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>) no tratamento utilizando a tensão de 50 kPa foi superior em relação aos grãos remanescentes no solo nos tratamentos utilizando as tensões de 10, 30 e 70 kPa. (cf. tabela 8).

**TABELA 8:** Média geral peso de grãos deiscentes

Tratamento	Médias observadas	Médias estimadas
10 kPa	0.28	3.89
30 kPa	5.85	4.59
50 kPa	13.58	5.29
70 kPa	0.04	5.99

**Figura 4:** Curva do peso de grãos deiscentes por parcela útil (2,8m<sup>2</sup>) do feijão em função da tensão de água no solo (kPa).

### 3.6 PESO DE 100 GRÃOS

Conforme análise de peso de 100 grãos, não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 9.

**TABELA 9:** Análise de variância peso de 100 grãos

Fonte de variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	3.921367	1.307122 <sup>NS</sup>
Bloco	2	0.499550	0.249775
Erro	6	6.620983	1.103497
CV(%)	4.49		
Média	23.3950000		

<sup>NS</sup>, Não Significativo.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que, na análise de peso de 100 grãos, as amostras de grãos retiradas com umidade a 13% para obter o peso médio de 100 grãos, mostraram-se semelhantes em relação à produtividade de grãos, sendo que, quando se utiliza a tensão de 50 kPa, obtém-se maior peso médio em 100 grãos em relação à 10, 30 e 70 kPa. (cf. tabela 10)

**TABELA 10:** Média geral peso de 100 grãos

Tratamento	Médias observadas	Médias estimadas
10 kPa	23.29	23.47
30 kPa	23.21	23.42
50 kPa	24.32	23.37
70 kPa	22.75	23.32

### 3.7 NÚMERO DE GRÃOS POR PLANTA

Conforme análise de número de grãos por planta, foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 11.

**TABELA 11:** Análise de variância número de grãos por planta

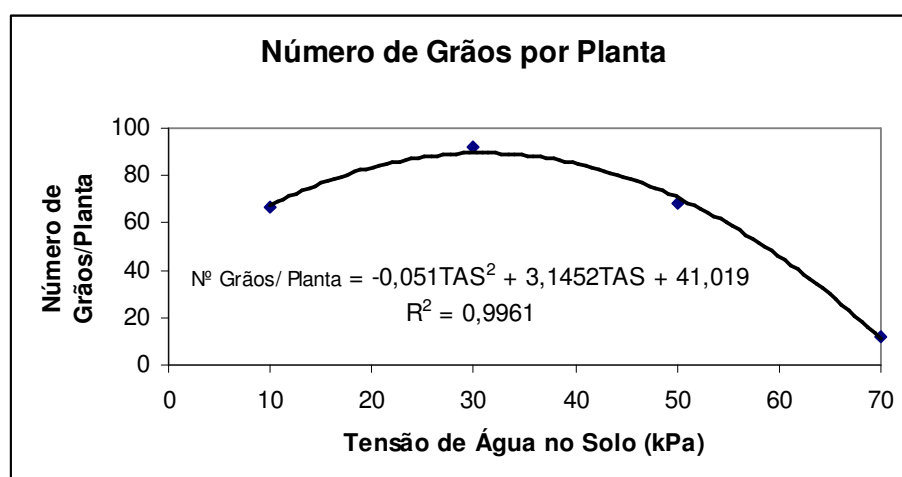
Fonte de variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	10324.606700	3441.535567*
Bloco	2	4761.586517	2380.793258
Erro	6	561.078383	112.215677
CV(%)	16.28		
Média	65.0600000		

\*, Significativo a 5% de probabilidade, segundo teste F.

Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que houve um maior número de grãos por planta quando utilizamos a tensão de 30 kPa. Em contrapartida, diminui-se o rendimento, quando se diminuiu essa tensão para 10 kPa ou se a aumentou para 50 ou 70 kPa, influenciando, assim, na produtividade (cf. tabela 12).

**TABELA 12:** Média geral número de grãos por planta

Tratamento	Médias observadas	Médias estimadas
10 kPa	66.55	87.79
30 kPa	91.89	69.02
50 kPa	68.22	50.25
70 kPa	11.89	31.48

**Figura 5:** Curva do número de grãos por planta do feijão em função da tensão de Água no Solo (kPa).

### 3.8 PARCELA ÚTIL (PRODUTIVIDADE)

Conforme análise de produtividade ( $\text{kg/m}^2$ ), foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, como é mostrado na tabela 13.

**TABELA 13:** Análise de variância produtividade

Fonte de Variação	GL	SQ	QM
Tensão de água	3	158984.691825	52994.897275*
Bloco	2	1031.190467	515.595233
Erro	6	45191.876600	7531.979433
CV(%)	27.52		
Média	315.3258333		

\*, Significativo a 5% de probabilidade, segundo teste F.

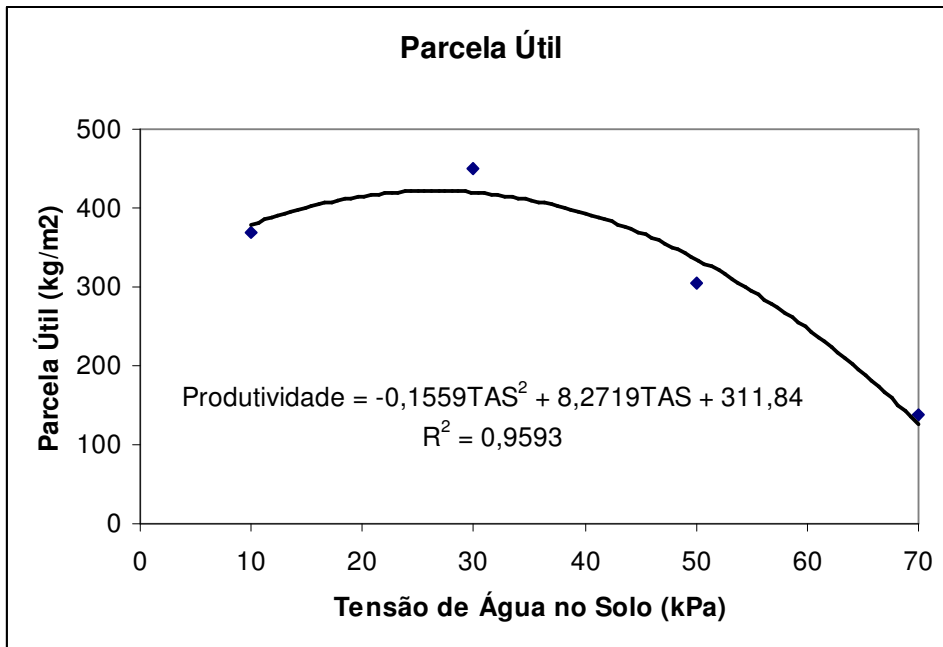
Por meio do teste de regressão, pôde-se perceber que a produtividade cresce quando se utiliza a tensão de 30 kPa e diminui seu rendimento quando se diminui essa tensão para 10 kPa ou se a aumenta para 50 ou 70 kPa (cf. tabela 14).

**TABELA 14:** Média geral produtividade

Tratamento	Médias observadas	Médias estimadas
10 kPa	368.58	441.33
30 kPa	450.85	357.33
50 kPa	304.52	273.32
70 kPa	304.52	189.32

**Figura 6:** Curva de produtividade de feijão em  $\text{kg/m}^2$  em função da tensão de água no solo (kPa).





#### 4 CONCLUSÃO

A melhor tensão de água no solo que propiciou maiores e melhores produtividades do feijoeiro comum, na região de Patos de Minas-MG foi a de 30 KPa.

#### 5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS. 1996.

AZEVEDO, J.A.; CAIXETA, T.J. **Irrigação do feijoeiro**. Planaltina: EMBRAPAP, CPAC, 1986. 60p. (Circular Técnica, 20).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 6. ed. Viçosa, UFMG, 1995. 656p.

CABELLO, F,P. **Riegos localizados de alta frequência: goteo, microsaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi Prensa. 1996, 511p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Lavras, MG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: (5ª aproximação)**. Viçosa, Imprensa Universitária UFV, 1999. 359p.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPANS, J.W.; PARLANGE, M.B. **Programa SWRC** (Version 1.00): Soil-Water Retention Curve (Software). Piracicaba: ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995. 2 disquetes.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba:ESALQ, Departamento de Agricultura, 1997. 65p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** versão 4.3 (Build 4.1). Lavras: UFLA/DEX, 1999. 4 disquetes.

FIGUEREDO,S.F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro**. 1998. 94p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. 1986. 133p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Feijão: tecnologia de produção**. Londrina, PR. 2000. 115p.

PAIVA, J. B. D. de.; PAIVA, E. M. C. D. de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**, Porto Alegre, ABRH, 625p. 2001.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 1.ed. São Paulo, Editora Manole, 1987. 188p.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; BARRETO, A.C.; SOUSA, K.J.; SOUZA, A.M.G.  
Cultivo da couve-flor sob diferentes tensões de água no solo. In: **XXXIV CONGRESSO  
BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 2005, Canoas, CD-ROM.

VAN GENUCHTEN, M. T. **A closed-form equation for predicting the hydraulic  
conductivity of unsaturated soils**. Soil Science Society American Journal, Madison,  
v. 50, p. 288-91, 1980.