



SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO

Wilker Alves Morais¹, Frederico Antonio Loureiro Soares², Fernando Nobre Cunha³, Nelmício Furtado da Silva³, Vitor Marques Vidal³, Marconi Batista Teixeira⁴

RESUMO

O feijão é produzido praticamente o ano todo em diferentes épocas e sistemas de cultivo. O objetivo é o de avaliar a influência da irrigação e adubação nos parâmetros de crescimento do sistema radicular, razão de área foliar, distribuição de fotoassimilados, teor de água no caule, na folha e na parte aérea do feijão comum. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, analisado em esquema de parcelas subdivididas 4 x 7 totalizando 28 tratamentos com três repetições compondo um experimento com 84 unidades experimentais. As parcelas foram compostas por quatro regimes hídrico sendo o recomendado equivalente a 100% da reposição hídrica (RH) e as variações de 75; 50 e 25% da RH. As subparcelas referem-se as sete formulações de adubações testadas sendo, 100:100:100; 50:100:50; 200:100:200; 50:100:100; 200:100:100; 100:100:50 e 100%:100%:200% do recomendado para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). A reposição hídrica de 100% promoveu um maior comprimento da raiz, da razão de área foliar (30 dias após semeadura), teor de água na folha, no caule e na parte aérea (45 dias após semeadura) do feijoeiro. As plantas de feijão obtém maiores taxas de translocação de fotoassimilados para o caule com o aumento da irrigação.

Palavras-chave: água disponível, *Phaseolus vulgaris*, raiz do feijoeiro.

ROOT SYSTEM, WATER CONTENT AND PHOTOASSIMILATES DISTRIBUTION IN THE BEAN SUBMITTED TO VARIATION OF FERTILIZATION AND IRRIGATION

ABSTRACT

¹ Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: wilker.alves.morais@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fredalsoares@hotmail.com

³ Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com, nelmiciofurtado@gmail.com, vmarquesvidal@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

The beans is produced almost all year in different epochs and cropping systems. The objective is to evaluate the effect of irrigation and fertilization at the growth parameters of the root system, leaf area ratio, distribution of photoassimilates, water content in the stem, the leaf and the aerial part of bean. The experimental design was the randomized blocks analyzed in split-plot scheme 4 x 7 totaling 28 treatments with three replications composing an experiment with 84 experimental units. The plots were composed by four water replacements being recommended equivalent to 100% of water replacements (WR) and the variations 75, 50 and 25% of WR. The split plot refer the seven tested fertilizer formulations being 100:100:100; 50:100:50; 200:100:200; 50:100:100; 200:100:100; 100:100:50 and 100%:100%:200% of the recommended for nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). Water replacement of 100% promoted a greater root length, leaf area ratio (30 days after sowing), water content in the leaf, stem and aerial part (45 days after sowing) of bean. The Bean plants obtains larger photosynthate translocation rates for the stem with increasing irrigation.

Keywords: water available, *Phaseolus vulgaris*, bean root

INTRODUÇÃO

O feijão é um produto tradicional na alimentação da população brasileira, sendo produzido praticamente o ano todo em diferentes épocas e sistemas de cultivo (ZUCARELI et al., 2010).

A maior exigência do feijoeiro está relacionada aos atributos químicos do solo, que devem ser de média a alta fertilidade, com altos teores de fósforo, cálcio e magnésio, baixa concentração de alumínio e manganês (EMBRAPA, 2005). O K, assim como os demais, desempenha funções importantes na planta, sem entretanto, o seu fornecimento apresentar dificuldade (MATOSO, 2012).

Por outro lado, pelo nitrogênio ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa e não deixar efeitos residuais diretos das adubações, o manejo da adubação nitrogenada é dos mais difíceis (RAIJ, 1991).

O efeito positivo do nitrogênio sobre a produtividade da cultura é indiscutível, conseqüentemente o feijoeiro requer um suprimento adequado de nitrogênio tanto para o atendimento do seu crescimento como para a formação de vagens e grãos, sendo as exigências desta cultura, com relação a este nutriente maiores em cultivos irrigados (BUZETTI et al., 1992; BARBOSA FILHO & SILVA, 2000; BARBOSA et al., 2010).

A baixa disponibilidade de água é um dos fatores que mais podem afetar a o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (TAIZ &

ZEIGER, 2013). O menor crescimento do sistema radicular pode ser afetado por fatores químicos e físicos do solo, além da temperatura, estresse hídrico e práticas culturais; raízes mal desenvolvidas podem afetar a absorção de nutrientes pelas plantas (CARVALHO et al., 2001; TAYLOR & ARKIN, 1981; ROSOLEM, 1996; FAGERIA & STONE, 1999).

Analisar o crescimento das culturas para avaliar os efeitos dos tipos de manejo e descrever as mudanças na produtividade vegetal em função do tempo é de suma importância, uma vez que isso não seria possível com o simples registro do rendimento (SANT'ANA & SILVEIRA, 2008).

O objetivo é o de avaliar a influência da irrigação e adubação nos parâmetros de crescimento do sistema radicular, razão de área foliar, distribuição de fotoassimilados, teor de água no caule, na folha e na parte aérea do feijão comum.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente controlado (casa de vegetação climatizada) no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, no Sudoeste de Goiás, o solo utilizado foi caracterizado com Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). A temperatura média do ambiente de controle era de 27 °C ±3, a umidade relativa média era de 70% ±3 e a velocidade do vento era de 2,4 km h⁻¹

**SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO**

¹ quando o ventilador exaustor estava em movimento.

A casa de vegetação utilizada possui o sistema de climatização (temperatura e umidade) por circulação e refrigeração de água, aeração controlada por exaustores, sistema de irrigação por aspersores e cortina de sombreamento. Todos esses dispositivos são automatizados e são controlados por regulação em seu painel de controle principal.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, analisado em esquema de parcelas subdivididas 4 x 7 totalizando 28 tratamentos com três repetições compondo um experimento com 84 unidades experimentais. As parcelas foram compostas por quatro regimes hídrico sendo o recomendado equivalente a 100% da reposição hídrica (RH) e as variações de 75; 50 e 25% da RH. As subparcelas referem-se as sete formulações de adubações testadas sendo, 100:100:100; 50:100:50; 200:100:200; 50:100:100; 200:100:100; 100:100:50 e 100%:100%:200% do recomendado para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de acordo com Novais et al (1991).

Para adubação utilizou-se 0,68 g de N, 2,4 g de P e 1,2 g de K que equivalem a 100:100:100% de NPK. Para o restante dos tratamentos essa quantidades variaram de acordo com as proporções acima estabelecidas.

Para obter a irrigação recomendada utilizou-se três vasos drenos (lisímetro de drenagem) para cada RH que foi considerada as lâminas de 100%, nesses drenos eram adicionadas uma determinada quantidade de água, a mesma para todos, até os vasos começarem a drenar. A água percolada encontrada nos coletores era medida em uma proveta com volume conhecido (500 mL) precisão de 0,5 mL, o valor encontrado era subtraído a quantidade inicial irrigada, este procedimento era feito para todos os nove lisímetros de drenagem onde em seguida eram realizadas suas médias. A quantidade retida no vaso foi considerada a recomendação e desses valores tinha-se as outras porcentagens de irrigação (75; 50 e 25% da RH).

Montou-se um sistema de irrigação por gotejamento na casa de vegetação com 12

registros, que eram utilizados para controlar a água que era inserida em cada vaso, sendo, um registro para cada tratamento e suas devidas repetições. O tubo gotejador foi disposto na parte superficial dos vasos onde cada vaso recebia água de um gotejo. O controle da quantidade de água aplicada era controlado pelo conjunto registro + manômetro de glicerina.

Os vasos utilizados tinham capacidade para 10 kg porém foram devidamente preenchidos com 8 kg com solo Latossolo Vermelho distroférico.

As avaliações realizadas nas raízes foram feitas através da lavagem com água corrente sem pressão, com o intuito de perder o número mínimo de raízes. Depois de limpo o sistema radicular foi posicionado em uma mesa de maneira a mensurar a maior ramificação da raiz e com o auxílio de uma régua graduada de cinquenta centímetros 1:1 (um por um) foi feito a medição do comprimento da raiz (CR). Foi realizado também o volume de raiz (VR) para cada tratamento com o auxílio de uma proveta graduada de 500 mL com precisão de 0,5 mL. A mesma foi preenchida com água destilada até chegar a 300 mL. Assim, a raiz era inserida dentro do recipiente e a diferença da elevação da água na proveta em relação a quantidade existente era considerada o volume da raiz (BASSO, 1999). Por último foi feita também a matéria seca de raiz (MSR) através da pesagem da raiz seca em estufa por 48 horas a 65 °C. Através das medidas de raízes e da parte aérea determinou-se a relação raiz/parte aérea (R/PA).

A Razão de Área Foliar (RAF) foi obtida de acordo com a equação 1 (MARAFON, 2012):

$$RAF \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = AFE \times RMF \quad (1)$$

Onde:

AFE - Área Foliar Específica (cm² g⁻¹), e
RMF - Razão de Massa Foliar (g g⁻¹)

As amostragens para teores de água procederam-se de forma destrutiva e foram separadas as folhas e caules, e pesadas, obtendo o peso verde, em seguida foram levadas a estufa por 48 horas a 65°C e pesadas em balança de precisão (0,01 g), obtendo o peso seco de folhas e caules. O teor de água no caule (TAC), o teor

de água na folha (TAF), e o teor de água na parte aérea (TAPA), foram determinados a partir da diferença entre o peso verde e seco de cada parte.

Para obtenção da produção de foto assimilados nas folhas (PFOTF) e produção de foto assimilados no caule (PFOTC) determinou-se a porcentagem da massa seca de folhas e caules, dividindo-se o valor da massa seca de cada parte pelo valor da massa seca total, também foi determinado a produção de foto assimilados nas vagens (PFOTV).

Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Posteriormente, quando significados pelo teste F, foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de

probabilidade para os tipos de formulações de adubos e regressões para as reposições hídricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se diferença significativa entre as reposições hídricas para as variáveis comprimento de raiz (CR) ($p < 0,01$) e para relação raiz/parte aérea (R/PA) ($p < 0,05$), os tipos de formulações não promoveram diferenças significativas para matéria seca da raiz, comprimento das raízes, volume das raízes e relação raiz parte aérea, assim como na interação reposição hídrica (RH) x formulação (F) não se encontrou significância (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para matéria seca da raiz (MSR), comprimento das raízes (CR), volume das raízes (VR) e relação raiz parte aérea (R/PA) do feijoeiro submetido a diferentes reposições hídricas (RH) e tipos de formulações de adubação (F)

Fonte Variação	GL	Quadrados médio			
		MSR ²	CR ¹	VR ²	R/PA ²
RH	3	1,38 ^{ns}	4,36 ^{**}	9,72 ^{ns}	0,016 [*]
Bloco	2	0,22 ^{ns}	11,86 ^{**}	4,54 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo a	6	0,45	0,37	3,11	0,002
F	6	0,42 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,003 ^{ns}
RH x F	18	0,31 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Resíduo b	48	0,34	0,48	0,91	0,004
CV a (%)		26,59	9,87	38,07	4,43
CV b (%)		23,14	11,19	20,67	6,24
		Médias			
Formulação ¹		g	cm	mL	-
F1 – 100:100:100%		4,61	37,00	15,41	0,26
F2 – 50:100:50%		7,55	46,27	26,25	0,31
F3 – 200:100:200%		6,38	36,49	27,08	0,33
F4 – 50:100:100%		6,62	40,15	22,50	0,31
F5 – 200:100:100%		4,35	41,04	20,83	0,23
F6 – 100:100:50 %		5,16	38,25	20,41	0,26
F7 – 100:100:200%		6,13	37,21	21,66	0,24

¹Formulação relacionada a porcentagens de NPK. * e ** - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – Grau de liberdade. RH – Reposição hídrica. F – Tipo de formulação. RH x F – Interação RH x F. ¹ – Dados transformados em Raiz de X. ² – Dados transformados em Raiz de X + 1. ³ – Médias apresentadas sem transformação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Matoso (2012) verificou que a diferença na massa seca da raiz do feijoeiro foi mais devido a cultivar de feijoeiro (IPR Colibri e IPR 139) do que efeito das fontes de molibdênio (molibdato de sódio e molibdato de amônio).

Entretanto Toso (2012) observou que a massa seca da parte aérea das plantas apresentou resposta ao aumento da disponibilidade de N, enquanto o crescimento das raízes decresceu em ambas as cultivares (Pérola e BRS Valente).

SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO

De acordo com a equação de regressão (Figura 1A) o comprimento das raízes apresentou crescimento linear contínuo com aumento da reposição hídrica, estimando acréscimos de 15,9% com aumento de 25% na reposição hídrica. A formação de raízes vigorosas é necessária para a translocação constante de fotoassimilados provenientes da parte aérea para garantir taxas de crescimento e alongação celulares (BOYER et al., 2010).

Na R/PA a equação de regressão que melhor se ajustou aos dados foi quadrática, apresentando decréscimos, segundo a equação

de regressão, até a reposição hídrica de 75,8% obtendo nesta RH um R/PA estimada de 0,21 (Figura 1B).

O decréscimo na R/PA com o aumento da RH indica que a discrepância do desenvolvimento da raiz e da parte aérea foi menor ao utilizar a menor RH, visto que se estimou que a matéria seca da raiz (MSR) foi 63,3% menor que a matéria seca da parte aérea (MSPA) ao utilizar a RH de 25%. Já utilizando a RH de 50 e 75% esta diferença foi estimada em 74,8 e 78,8%, respectivamente.

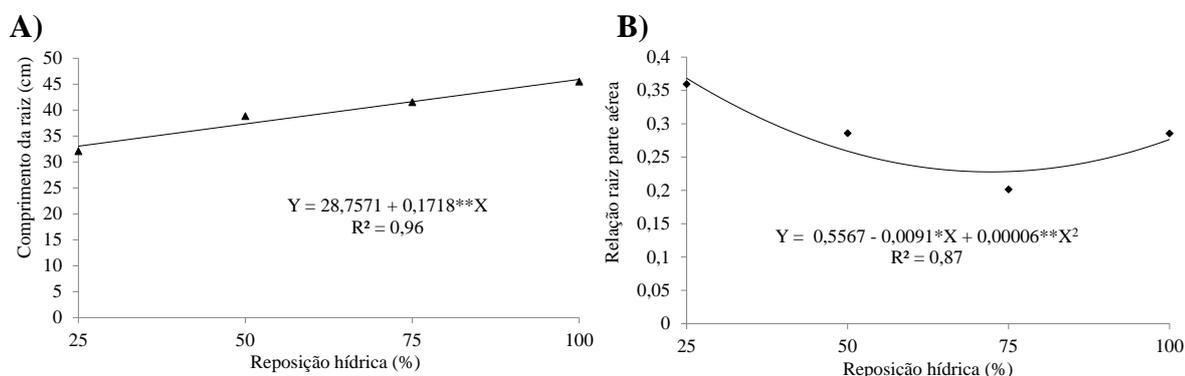


Figura 1. Comprimento da raiz (A) e relação raiz parte aérea (B) do feijoeiro em função da reposição hídrica (RH)

Verifica-se na Tabela 2, que aos 15 e 30 dias após semeadura (DAS) o teor de água na folha (TAF) e caule (TAC) do feijoeiro não diferiram estatisticamente quando submetido a diferentes reposições hídricas (RH) e tipos de formulações

de adubação (F). Por outro lado as variáveis TAF e TAC apresentaram diferença significativa de 1% de probabilidade apenas aos 45 DAS no fator RH. Ainda para ambas variáveis foi verificado a não significância para a interação RH x F.

Tabela 2. Resumo da ANOVA para teor de água na folha (TAF) e caule (TAC) do feijoeiro submetido a diferentes reposições hídricas e tipos de formulações de adubação aos 15, 30 e 45 dias após semeadura (DAS)

Fonte Variação	GL	Quadrados Médio					
		TAF			TAC		
		15 DAS ¹	30 DAS	45 DAS	15 DAS	30 DAS	45 DAS
RH	3	0,96 ^{ns}	115,06 ^{ns}	99,23 ^{**}	31,61 ^{ns}	213,36 ^{ns}	820,58 ^{**}
Bloco	2	0,28 ^{ns}	67,30 ^{ns}	7,06 ^{ns}	65,14 ^{ns}	45,77 ^{ns}	3,85 ^{ns}
Resíduo a	6	0,68	140,85	5,63	8,19	98,30	9,54
F	6	0,35 ^{ns}	4,99 ^{ns}	4,71 ^{ns}	17,69 ^{ns}	4,68 ^{ns}	23,17 ^{ns}
RH x F	18	0,69 ^{ns}	17,79 ^{ns}	7,08 ^{ns}	31,26 ^{ns}	12,44 ^{ns}	19,60 ^{ns}
Resíduo b	48	0,83	13,84	8,35	25,34	8,69	19,25
CV a (%)		12,22	16,62	3,12	8,74	14,04	4,62
CV b (%)		13,48	5,21	3,80	15,37	4,17	6,56
		Médias ²					

Formulação ¹	-----%-----					
	F1 – 100:100:100%	47,70	70,68	76,64	32,89	70,91
F2 – 50:100:50%	48,73	71,61	76,02	34,08	69,85	67,13
F3 – 200:100:200%	46,47	71,60	76,64	30,97	70,94	67,61
F4 – 50:100:100%	45,48	71,70	75,93	31,78	70,15	65,32
F5 – 200:100:100%	44,03	70,77	75,40	34,37	71,14	67,00
F6 – 100:100:50 %	49,45	71,04	76,90	32,96	69,94	67,42
F7 – 100:100:200%	45,87	72,53	75,32	32,21	71,39	64,89

¹Formulação relacionada a porcentagens de NPK. * e ** - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – Grau de liberdade. RH – Reposição hídrica. F – Tipo de formulação. RH x F – Interação RH x F. ¹ – Dados transformados em Raiz de X. ² – Médias apresentadas sem transformação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O TAF e TAC do feijoeiro aos 45 DAS obtiveram aumentos lineares com o aumento da disponibilidade de água (Figura 2). De acordo com as equações de regressões, para cada aumento de 25% na RH, ocorreram acréscimo do TAF e TAC de 2,25 e 0,35%,

respectivamente. Avaliando a condutância estomática em cinco genótipos de feijão submetido à restrição hídrica, Santos et al. (2009) observaram que quando irrigados foi possível observar a recuperação destes genótipos de feijão

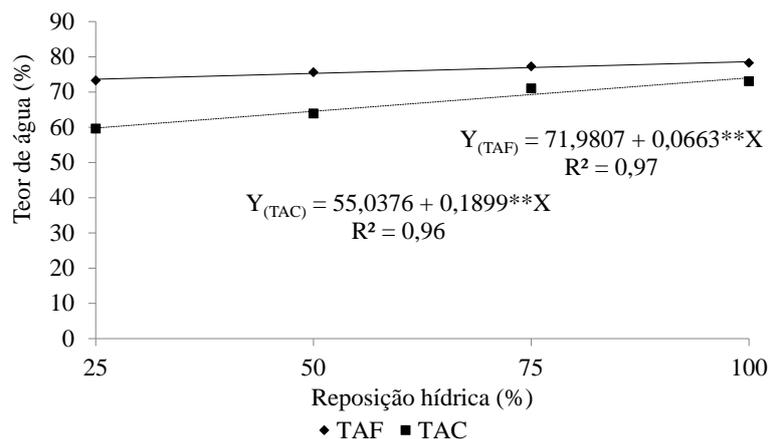


Figura 2. Teor de água na folha (TAF) e no caule (TAC) do feijoeiro aos 45 dias após semeadura (DAS) em função da reposição hídrica

Observou-se diferença significativa de 1% de probabilidade para teor de água na parte aérea (TAPA) aos 45 DAS e para razão de área foliar

(RAF) aos 30 DAS. Não se verificou significância para o fator F e a interação RH x F para nenhum dos parâmetros avaliados (TAPA e RAF) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para teor de água na parte aérea (TAPA) e razão de área foliar (RAF) do feijoeiro submetido a diferentes reposições hídricas e tipos de formulações de adubação aos 15, 30 e 45 dias após semeadura (DAS)

Fonte Variação	GL	Quadrados Médio					
		TAPA			RAF		
		15 DAS	30 DAS	45 DAS	15 DAS ¹	30 DAS ¹	45 DAS ¹
RH	3	89,21 ^{ns}	151,14 ^{ns}	361,57 ^{**}	0,06 ^{ns}	5,42 ^{**}	11,00 ^{ns}
Bloco	2	41,51 ^{ns}	45,79 ^{ns}	4,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,87 ^{ns}
Resíduo a	6	48,43	110,93	3,36	0,51	0,44	2,34

SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO

F	6	20,07 ^{ns}	2,99 ^{ns}	11,48 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,24 ^{ns}
RH x F	18	42,50 ^{ns}	13,48 ^{ns}	8,87 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Resíduo b	48	52,66	9,22	10,66	0,30	0,57	1,09
CV a (%)		16,86	14,81	2,56	12,75	10,82	26,43
CV b (%)		17,58	4,27	4,56	9,83	12,23	18,10
		Médias ²					
Formulação ¹		-----%-----			-----cm ² g ⁻¹ -----		
F1 – 100:100:100%		41,71	70,91	72,91	33,78	40,52	31,01
F2 – 50:100:50%		43,03	70,85	71,66	33,56	41,77	45,82
F3 – 200:100:200%		40,10	71,36	72,09	29,16	36,52	37,41
F4 – 50:100:100%		40,39	71,00	70,49	31,45	38,77	33,89
F5 – 200:100:100%		40,36	71,05	71,29	29,27	44,50	31,26
F6 – 100:100:50 %		42,99	70,54	72,31	33,38	36,07	36,36
F7 – 100:100:200%		40,36	72,10	70,20	31,78	34,18	30,78

¹Formulação relacionada a porcentagens de NPK. * e ** - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – Grau de liberdade. RH – Reposição hídrica. F – Tipo de formulação. RH x F – Interação RH x F. ¹ – Dados transformados em Raiz de X. ² – Médias apresentadas sem transformação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A medida que aumentou a RH ocorreu acréscimo linear na TAPA e RAF, tendo, segundo a equação de regressão o incremento de 4,98% na TAPA quando se aumentou 25% na

reposição hídrica (Figura 3A). Para a RAF estimou-se que a diferença entre a RH de 25 e 100% de 12,71 cm² g⁻¹ ocasionando o aumento de 15% para cada incremento de 25% na RH (Figura 3B).

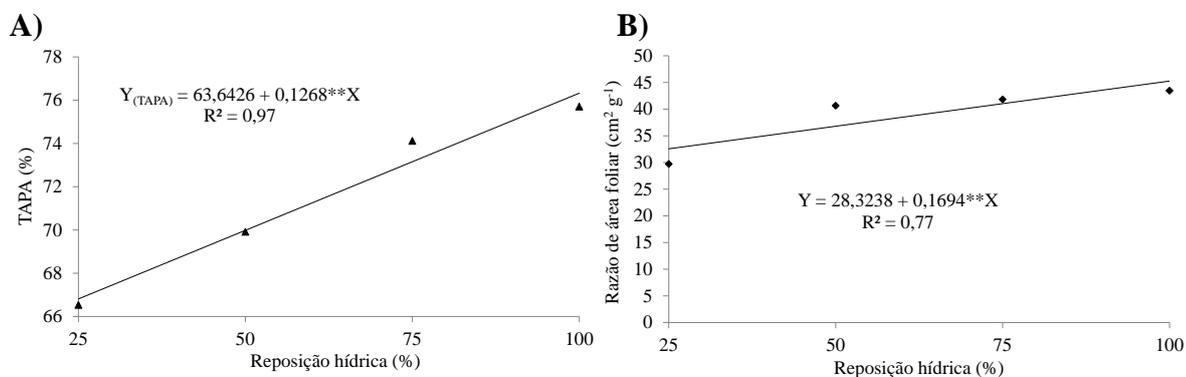


Figura 3. Teor de água na parte aérea (TAPA) aos 45 dias após semeadura (A) e razão de área foliar do feijoeiro aos 30 dias após semeadura (B) em função da reposição hídrica

Para a produção de fotoassimilados nas folhas verificou-se que não houve significância para a reposição hídrica (RH), tipos de formulações (F) e também para a interação RH x F (Tabela 4). De acordo com a análise

estatística, pode-se inferir que apesar do déficit hídrico imposto as plantas, o feijoeiro manteve a capacidade de translocar os assimilados para as folhas e consequentemente melhora a eficiência de uso da água.

Tabela 4. Resumo da ANAVA para produção de fotoassimilados nas folhas (PFOTF) do feijoeiro submetido a diferentes reposições hídricas e tipos de formulações de adubação aos 15, 30, 45 e 90 dias após semeadura (DAS)

Fonte Variação	GL	Quadrados Médio	
		PFOTF	

		15 DAS	30 DAS	45 DAS	90 DAS ¹
RH	3	7,59 ^{ns}	4,90 ^{ns}	83,18 ^{ns}	2,54 ^{ns}
Bloco	2	1,48 ^{ns}	3,15 ^{ns}	98,13 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Resíduo a	6	2,92	2,97	28,18	0,91
F	6	7,64 ^{ns}	3,93 ^{ns}	47,42 ^{ns}	0,80 ^{ns}
RH x F	18	4,42 ^{ns}	2,14 ^{ns}	26,47 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Resíduo b	48	5,42	2,77	28,65	0,47
CV a (%)		3,29	3,32	12,47	17,61
CV b (%)		4,48	3,21	12,58	12,63
Médias ²					
Formulação ¹		-----%-----			
F1 – 100:100:100%		52,02	51,12	45,21	32,01
F2 – 50:100:50%		52,26	52,15	40,90	30,05
F3 – 200:100:200%		51,70	51,97	40,79	32,17
F4 – 50:100:100%		51,71	52,72	39,97	31,66
F5 – 200:100:100%		53,58	52,29	44,16	30,56
F6 – 100:100:50 %		51,68	51,84	43,34	24,62
F7 – 100:100:200%		51,01	51,22	43,54	29,87

¹Formulação relacionada a porcentagens de NPK. * e ** - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – Grau de liberdade. RH – Reposição hídrica. F – Tipo de formulação. RH x F – Interação RH x F. ¹ – Dados transformados em Raiz de X. ² – Médias apresentadas sem transformação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que para o fator RH, obteve-se diferença significativa apenas para a variável produção de fotoassimilados do caule (PFOTC) aos 90

dias após a semeadura (DAS). Não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis (PFOTC e de PFOTV) para o fator F e a interação RH x F (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da ANAVA para produção de fotoassimilados no caule (PFOTC) e das vagens (PFOTV) do feijoeiro submetido a diferentes reposições hídricas e tipos de formulações de adubação aos 15, 30, 45 e 90 dias após semeadura (DAS)

Fonte Variação	GL	Quadrados Médio					
		PFOTC					PFOTV
		15 DAS	30 DAS	45 DAS	90 DAS	90 DAS ¹	
RH	3	7,59 ^{ns}	4,90 ^{ns}	83,18 ^{ns}	388,97 ^{**}	0,53 ^{ns}	
Bloco	2	1,48 ^{ns}	3,15 ^{ns}	98,13 ^{ns}	189,96 [*]	0,05 ^{ns}	
Resíduo a	6	2,92	2,97	28,18	22,93	0,62	
F	6	7,64 ^{ns}	3,93 ^{ns}	47,42 ^{ns}	29,46 ^{ns}	0,50 ^{ns}	
RH x F	18	4,42 ^{ns}	2,14 ^{ns}	26,47 ^{ns}	26,17 ^{ns}	0,27 ^{ns}	
Resíduo b	48	5,42	2,77	28,65	43,77	0,30	
CV a (%)		3,56	3,59	9,24	12,65	14,01	
CV b (%)		4,85	3,47	9,32	17,48	9,81	
Médias ²							
Formulação ¹		-----%-----					
F1 – 100:100:100%		47,97	48,87	54,78	35,94	32,35	
F2 – 50:100:50%		47,73	47,84	59,09	36,62	33,31	
F3 – 200:100:200%		48,29	48,02	59,20	36,93	30,89	
F4 – 50:100:100%		48,28	47,27	60,02	38,21	30,11	
F5 – 200:100:100%		46,41	47,70	55,83	37,63	31,79	
F6 – 100:100:50 %		48,31	48,15	56,65	39,04	36,32	

**SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO**

F7 – 100:100:200%	48,98	48,77	56,45	40,52	29,59
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------

¹Formulação relacionada a porcentagens de NPK. * e ** - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. GL – Grau de liberdade. RH – Reposição hídrica. F – Tipo de formulação. RH x F – Interação RH x F. ¹ – Dados transformados em Raiz de X. ² – Médias apresentadas sem transformação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se na Figura 4 a PFOTC do feijoeiro aos 90 DAS em função da RH. Verificou-se comportamento linear na

produção de fotoassimilados, ou seja, quanto maior a disponibilidade hídrica maior é a PFOTC.

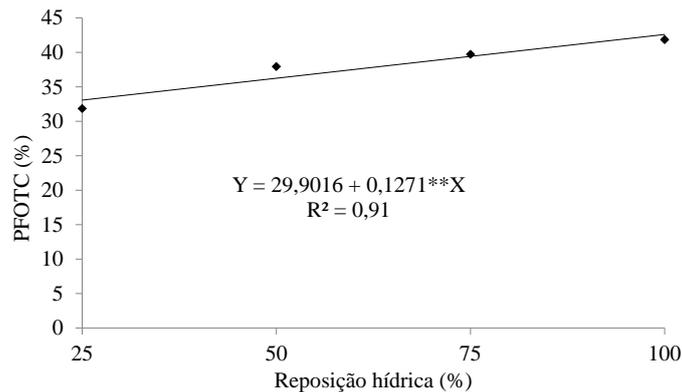


Figura 4. Produção de fotoassimilados do caule do feijoeiro aos 90 dias após semeadura (DAS) em função da reposição hídrica.

Nota-se ainda que de acordo com a equação de regressão, para cada aumento de 0,43% na produção dos fotoassimilados necessita-se de 1% de RH. No geral Urchei et al. (2000) e Soratto et al. (2006) sugeriram que quanto maior a disponibilidade de água por períodos mais prolongados, maior será absorção pelas plantas e conseqüentemente a síntese de fotoassimilados. Ainda sugeriram que quanto menor a massa de planta menor a produção de fotoassimilados.

CONCLUSÕES

As variações na adubação não alteraram a matéria seca da raiz, comprimento das raízes, volume das raízes, relação raiz parte aérea, razão de área foliar, a produção de fotoassimilados nas folhas, no caule e nas vagens, o teor de água na folha, caule e parte aérea do feijoeiro.

A reposição hídrica de 100% promoveu um maior comprimento da raiz, da razão de área foliar (30 dias após semeadura), teor de água na folha, no caule e na parte aérea (45 dias após semeadura) do feijoeiro.

As plantas de feijão obtêm maiores taxas de translocação de fotoassimilados para o caule com o aumento da irrigação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n.7, p. 1317- 1324, 2000.
BARBOSA, G. F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M. S. do; BUZZETTI, S. FREDDI, O. da S.

Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 117-123, 2010.

BASSO, S. M. S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de Adesmia DC e Lotus L.** 1999. 268p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BOYER, J. S.; SILK, W. K.; WATT, M. Path of water for root growth. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 37, n. 12, p. 1105, 2010.

BUZETTI, S.; ROMEIRO, P. J. M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; GUERREIRO NETO, G. Efeito da adubação nitrogenada em componentes da produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em diferentes densidades. **Cultura Agrônômica**, v.1, p.11-19, 1992.

CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETH, S.; SÁ, M. E.; ATHAYDE, M. L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, 60:239-244, 2001.

EMBRAPA. **Cultivo do feijão comum em Rondônia.** Embrapa Rondônia, Sistemas de Produção, 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/>. Acesso em: 03 março 2016.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Documentos, 92), 1999. 42p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. vol.35 no.6, p. 1039-1042, 2011.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju - SE, 2012. 29 p.

MATOSO, S. C. G. **Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano.** Dissertação. Universidade Federal do Acre. Rio Branco – AC. pg. 111, 2012.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. de. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Coords.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-253.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potapós, 1991, p. 163-178.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996. p.353-385.

SANT'ANA, E. V.; SILVEIRA, P. M. crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 38, n. 2, p. 134-140, jun. 2008.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; PIMENTEL, C. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes unde mild water deficit. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 53, n. 2, p. 229 - 236, 2009.

SISTEMA RADICULAR, TEORES DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS NO FEIJOEIRO
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES DE ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2. p. 259-266, 2006.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Editora: Artmed, p. 954, 2013.

TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. **Root zone modification fundamentals and alternatives**. In: TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. (Ed.). *Modifying the root environment to reduce crop stress*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.3-16.

TOSO, V. **Crescimento e produtividade da**

cultura do feijão com diferentes disponibilidades de nitrogênio. (Dissertação). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) Santa Maria, RS, Brasil, p.34, 2012.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1313-1324, 2010.