

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SUBDOSES DE GLYPHOSATE, NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA EM FEJOEIRO DE
INVERNO IRRIGADO

JULIANO COSTA DA SILVA

Engenheiro Agrônomo

Ilha Solteira

2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SUBDOSES DE GLYPHOSATE, NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA EM FEJJOEIRO DE
INVERNO IRRIGADO

JULIANO COSTA DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S586s Silva, Juliano Costa da.
Subdoses de glyphosate, nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro de inverno irrigado / Juliano Costa da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
72 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2014
- Orientador: Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues
Inclui bibliografia
1. Phaseolus vulgaris L. 2. Adubação nitrogenada. 3. Estresse hídrico. 4. Hormese. 5. Manejo da água.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Subdoses de glyphosate, nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro de inverno irrigado

AUTOR: JULIANO COSTA DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter conduzido meus passos em todos os momentos da minha vida, pois sem ele, nada seria possível.

Aos meus pais, Luiz Carlos Costa da Silva e Marinalda Marques da Silva, pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

A minha irmã Karina Costa de Macedo e meu cunhado Eliseu Silvestre de Macedo, pelo apoio, incentivo e compreensão desde o início.

Ao meu sobrinho João Pedro de Macedo que tanta alegria trouxe a minha família.

Aos meus avós, em especial a minha avó Yolanda Bertolo (in memorian), que com sua delicadeza, sabedoria e amor, me ensinaram a nunca desistir dos meus sonhos e objetivos, pelo aprendizado de vida, durante nossa convivência, minha gratidão eterna!

A família Rodrigues, pessoas muito abençoadas e que sempre me colocam em suas orações, me apoiando, escutando me incentivando mesmo nos momentos mais difíceis.

A minha namorada, Andréia Rodrigues, por fazer parte da minha vida, me dar força, por ser minha amiga e companheira e pela compreensão durante mais esta etapa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e por guiar meus passos.

Aos professores do curso que sempre nos foram muito atenciosos e prestativos e que além do conhecimento técnico, nos passaram experiência de vida e nos deram a prazerosa oportunidade de desfrutar de suas amizades.

Ao professor Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, pela orientação, apoio, confiança e amizade, sem os quais este trabalho não se concretizaria.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf, pela amizade, auxílio, incentivo e orientações na condução deste trabalho.

Ao meu amigo e companheiro de curso Gustavo Antonio Xavier Gerlach pelo auxílio na condução do experimento.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp de Ilha Solteira pelo apoio no trabalho em campo.

Aos meus amigos e companheiros: Gustavo Antonio Xavier Gerlach, Luciano de Souza da Costa e Silva, Douglas de Araujo Gonzaga, Rafael Marani, Ricardo dos Santos Rodrigues, Bruno Motta, Welington Tortorelli, Edjair Dal Bem, Murilo Didonet, Vagner Nascimento e tantos outros pela amizade, expressa em longas conversas, conselhos, brincadeiras, momentos bons e ruins que passamos juntos, que levarei pelo resto da vida.

Ao apoio financeiro da Fapesp, através da bolsa de estudo concedida, processo nº 2012/05843-3, para que o trabalho fosse realizado.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente para que eu pudesse vencer mais esta importante etapa na minha vida. Muito Obrigado!

SUBDOSES DE GLYPHOSATE, NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA EM FEIJOEIRO DE INVERNO IRRIGADO

Autor: Juliano Costa da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

RESUMO

Com objetivo de avaliar o efeito hormético de glyphosate nos componentes vegetativos e de produção, na absorção de nutrientes e sua relação com a disponibilidade hídrica no solo, propôs-se estudar o uso de subdoses de glyphosate, adubação nitrogenada em cobertura e duas condições hídricas na cultura do feijão, sendo os tratamentos constituídos pela combinação de subdoses de glyphosate (G) (0, 10 e 15 g do equivalente ácido (e.a.) ha⁻¹), doses de nitrogênio (N) em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e lâminas de água (L₁: coeficiente da cultura (Kc₁) + precipitação; L₂: Kc₂ + precipitação), em esquema fatorial 3x4x2, com quatro repetições. O estudo foi desenvolvido no período de outono-inverno de 2013 em área experimental da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. A cultivar utilizada foi a IPR – 139 do IAPAR. Concluiu-se que a utilização de glyphosate nas subdoses de 10 e 15 g do equivalente ácido ha⁻¹ proporcionou incremento nos teores de N nas folhas do feijoeiro. Houve influência da condição hídrica durante o ciclo da cultura sobre o efeito hormético de glyphosate em feijoeiro. Ocorreu efeito hormético de glyphosate na produtividade do feijoeiro quando se utilizou uma lâmina de água total de 355 mm, no qual, se encontra dentro da faixa ideal de precipitação para o cultivo do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Adubação nitrogenada. Estresse hídrico. Hormese. Manejo da água.

SUBDOSES OF GLYPHOSATE, NITROGEN AND WATER SLIDES IN COMMON BEAN WINTER CROP

Author: Juliano Costa da Silva

Advisor: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues

ABSTRACT

Aiming to evaluate the hormesis effect of glyphosate in vegetative components and production, in nutrient absorption and its relation to soil water availability, was proposed to study the subdoses of glyphosate, nitrogen fertilization and soil water conditions in common bean crop, the treatments being constituted by combination of subdoses of glyphosate (G) (0, 10 and 15 g acid equivalent (a.e.) ha⁻¹), doses of nitrogen (N) in (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) and water slides (L₁: crop coefficient (Kc₁) + precipitation; L₂: Kc₂ + precipitation) in 3x4x2 factorial design with four replications. The study was conducted during the autumn-winter 2013 in Experimental Farm for Teaching, Research and Extension of Faculty of Engineering of Ilha Solteira - UNESP, in Hapludox clayey dystrophic. The cultivar used was the IPR - 139 IAPAR. It was concluded that the use of glyphosate at sublethal rates of 10 and 15 g ha⁻¹ acid afforded equivalent increase in levels of N in bean leaves. Was affected by water conditions during the crop cycle on the hormesis effect of glyphosate on bean. Occurred hormesis effect of glyphosate on bean productivity when used a total water depth of 355 mm, in which lies within the ideal range of precipitation for growing bean.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Hydric stress. Hormesis. Water management. Nitrogen fertilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dados de precipitação pluvial, temperatura média e temperatura máxima durante a condução da pesquisa. Selvíria-MS, 2013	24
Figura 2- Aspecto geral da área experimental após a colheita do milho anterior a semeadura do feijão	65
Figura 3- Tratamento de sementes com inseticida imidacloprido + tiodicarbe (45 + 135 g do i.a. por 100 kg) e fungicida carboxina + tiram (50 + 50 g do i.a. por 100 kg)	66
Figura 4- Semeadura mecânica do feijoeiro em sistema plantio direto (SPD)	67
Figura 5- Sistema de irrigação instalado logo após a semeadura do feijão	68
Figura 6- Aspecto geral da área experimental dois dias após a emergência da cultura	69
Figura 7- Estádio fenológico do feijoeiro no momento da aplicação do glyphosate	70
Figura 8- Vista geral da área experimental com a cultura em fase de florescimento	71
Figura 9- Cultura em fase de enchimentos de grãos	72
Figura 10- Colheita do feijão	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise química do solo da área experimental, Selvíria, MS, Brasil, 2013.	25
Tabela 2- Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de água aplicadas por aspersão.	27
Tabela 3- Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão durante o ciclo do feijoeiro. Selvíria-MS, 2013.	30
Tabela 4- População inicial de plantas (PI) e população final de plantas (PF) em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro (Tipo II) irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	31
Tabela 5- Índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca do feijoeiro (MS) e teor de nitrogênio (N) nas folhas em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro (Tipo II) irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.....	33
Tabela 6- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre o índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	36
Tabela 7- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.....	37
Tabela 8- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa da matéria seca. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	38
Tabela 9- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	39

Tabela 10- Número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro (Tipo II) irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	41
Tabela 11- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre o número de vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	43
Tabela 12- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre o número de grãos por planta. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	44
Tabela 13- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre o número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	45
Tabela 14- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre o número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	47
Tabela 15- Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro (Tipo II) irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	49
Tabela 16- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa de 100 grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	50
Tabela 17- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	51
Tabela 18- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	52
Tabela 19- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro (Tipo II) irrigado sobre a produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Cultura do Feijão	15
2.2	Hormese	16
2.3	Glyphosate	18
2.4	Hormese e glyphosate	19
2.5	Manejo do Nitrogênio	20
2.6	Manejo da água	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Localização e características da área experimental	24
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	24
3.3	Manejo da cultura	26
3.3.1	<i>Manejo da água</i>	26
3.4	Avaliações realizadas	27
3.5	Análise estatística	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Disponibilidade hídrica	30
4.2	Florescimento pleno e ciclo da cultura	30
4.3	População inicial e população final de plantas	30
4.4	Índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca do feijoeiro (MS) e teor de nitrogênio (N) nas folhas	32
4.5	Números de vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem	40
4.6	Massa de 100 grãos e produtividade de grãos	48
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE – FOTOS DA PESQUISA	65

1 INTRODUÇÃO

A fisiologia do estresse é motivo de inúmeras pesquisas em todo o mundo e ocorre de longa data. Mediante o fato de cada organismo ter características intrínsecas, o comportamento ocorre de forma particular aos agentes estressores, isto, aliado ao fato do surgimento acelerado de novos materiais vegetais, torna estudos como o efeito hormético em plantas cada vez mais atuais.

O fenômeno da estimulação em baixas doses e inibição em altas doses é conhecido como hormese (STEBBING, 1982). O termo hormese foi utilizado pela primeira vez por Southam e Erlich em 1943, quando descreveram o efeito de extrato de casca de carvalho no estímulo ao crescimento de fungos quando administrado em baixas doses e extremamente inibidor quando empregados em doses maiores. Desde então, pesquisadores do mundo todo trabalham para encontrar aplicações práticas para este fenômeno em diversas áreas de interesse como culturas agrícolas, animais e indústrias farmacêuticas.

Nos últimos anos, dentre os agroquímicos que apresentam efeito hormético em vegetais, destaca-se o glyphosate. Trata-se de um herbicida de pós-emergência das culturas que pertence ao grupo químico das glicinas substituídas, é classificado como não-seletivo e de ação sistêmica. Possui largo espectro de ação, que possibilita um excelente controle de plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas.

No Brasil, diversas publicações revelam efeito hormético do glyphosate em plantas, como crescimento da parte aérea e radicular de Trapoeraba (*Commelina benghalensis*) (Velini et al., 2008), aumento de matéria verde em milho (WAGNER, 2003), maior crescimento inicial em cana-de-açúcar (SILVA et al., 2009), aumento do teor de fósforo nas folhas de eucalipto (CARBONARI et al., 2007) e aumento da produtividade em feijoeiro (SILVA et al., 2012). Porém, o mecanismo de ação do fenômeno de hormese ainda hoje é uma incógnita para a comunidade científica. Ou seja, a grande resposta que tornaria viável o entendimento definitivo e uma posterior replicação do fenômeno de hormese em grande escala não foi obtida até o momento.

Recentemente, a pesquisa tem tomado outros rumos no sentido de comprovar que alguns fatores ambientais podem interferir no modo de ação da hormese. Neste sentido,

sugere-se que apenas as plantas que crescem em condições abaixo das ideais para desempenhar todo seu potencial genético serão capazes de responder ao efeito hormético.

O feijão *Phaseolus vulgaris* L. é uma das culturas mais produzidas no Brasil, trata-se de uma leguminosa rica em proteínas, ferro e carboidratos que faz parte da dieta básica dos brasileiros. De acordo com Silva e Silveira (2000), a cultura do feijão é conhecida por ser exigente em nutrientes e, por possuir ciclo curto, necessita que eles estejam prontamente disponíveis nos momentos de demanda, para não limitar a produtividade. Da mesma forma, o déficit hídrico é considerado um potencial agente estressante para os vegetais, principalmente para o feijoeiro que é classificado como planta sensível, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo (NÓBREGA et al., 2000; SILVEIRA; STONE, 2004).

Assim como para a deficiência nutricional, existe a hipótese de que a busca do efeito hormético em vegetais está atrelada às condições climáticas em que o cultivo é realizado, uma vez que, alguns trabalhos apontam variabilidade de resultados em condições controladas.

O período de outono-inverno no cerrado brasileiro é caracterizado pelas altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, o que de certa forma, oferece condições ideais para o cultivo do feijoeiro irrigado no sistema plantio direto (SPD). Neste sistema de cultivo é possível obter produtividades acima de 3000 kg ha⁻¹. Além disso, nestas condições é possível realizar testes com diferentes regimes hídricos e fornecimento nutricional a cultura no campo sem que ocorram grandes interferências externas.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate associada à adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro comum irrigado submetido a duas lâminas de água sobre os componentes morfológicos, de produção e produtividade do feijoeiro cv. IPR – 139 em sistema plantio direto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do Feijão

O feijão é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, dada sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional e sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas. O feijão é, historicamente, um dos principais alimentos consumidos no Brasil e no mundo, sobretudo entre os extratos sociais menos favorecidos (POSSE et al., 2010).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o consumo alimentar de feijão da população brasileira combina a tradicional dieta à base de arroz e feijão com alimentos com poucos nutrientes e muitas calorias. Atualmente o consumo per capita vem apresentando leve aumento, e, em 2010 situou-se na ordem de 17,06 kg/habitante/ano. Aguarda-se para 2014 uma produção de feijão de 3.690.340 toneladas, maior 25,7% que a produção obtida em 2013. A área plantada foi estimada em 3.308.056 hectares, maior 8,8% que a de 2013. Os maiores produtores são: Paraná, com 24,9%, Minas Gerais, com 16,3% e Goiás, com 9,0% de participação na produção nacional. Minas Gerais apresentou diminuição na área plantada de 6,1% em relação a 2013 e de aumento de 8,5% no rendimento médio, o que aponta para uma estimativa da produção de 600.233 toneladas, que é 6,4% maior que a produção no ano anterior. O Paraná aumentou sua área de plantio em 4,6% e prevê um aumento no rendimento médio de 27,0% com uma estimativa de produção de 917.412 toneladas, 32,8% maior que a de 2013, conforme já divulgado em março. Goiás aumentou sua área plantada em 8,3%, estimada em 140.584 ha e aponta aumento de 5,5% no rendimento médio, com produção de 331.443 toneladas, 14,3% maior que a de 2013 (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

O feijão é importante na composição de sistemas agrícolas para a região dos cerrados. Ocasionalmente, na época “da seca” e, principalmente, no inverno, a cultura é totalmente dependente de irrigação, que na maioria dos casos é feita por aspersão. Outra prática que tem sido utilizada no cultivo do feijoeiro é o cultivo em sistema plantio direto e as primeiras pesquisas foram realizadas pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, onde os resultados obtidos mostraram a viabilidade da inclusão desta cultura no sistema de rotação em plantio

direto. Trata-se de uma prática eficiente para o controle de erosão, propicia maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, além de melhorar as condições físicas e químicas do solo com o aumento do teor de matéria orgânica (BALBINO et al., 1996).

Segundo White (1993), o feijoeiro é considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos severos, sendo que 60% da produção mundial está submetida a este fator, tornando a seca o segundo maior redutor da produtividade, a qual é superada apenas pela ocorrência de doenças.

Para Guimarães (1996), a fase de maior sensibilidade da planta ao déficit hídrico é a floração, podendo ocasionar abortamento e queda prematura das flores. Na fase de formação das vagens, a falta de água propicia o chochamento dos grãos. O fornecimento de quantidades adequadas de água é um dos fatores fundamentais para garantir uma produtividade adequada na cultura da leguminosa.

2.2 Hormese

A toxicologia é o estudo qualitativo e quantitativo dos efeitos deletérios causados por agentes químicos e físicos sobre a estrutura e função dos seres vivos. Paracelsus, considerado o pai da toxicologia, foi o primeiro a reconhecer que a toxicidade de uma substância depende da dose a ser administrada. No século XVI, foi ele quem afirmou: "Todas as substâncias são tóxicas e não tóxicas, a dose determina toxicidade (DUKE et al., 2006)". Com esta declaração, Paracelsus considerou a aparente segurança de substâncias tóxicas administradas em doses baixas.

O uso de substância por definição considerada tóxica, utilizada em doses muito reduzidas (subdoses) para estimular o desenvolvimento vegetal é conhecido como "hormesis" (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Etimologicamente o termo "hormesis" vem da palavra grega *Horme* que significa impulso, que por sua vez deriva do grego antigo *hormaein* que significa estimulante. Foi criado por Southam e Ehrlich (1943) para descrever o efeito estimulante de uma substância antibiótica extraída da casca de cedro vermelho ocidental (*Thuja plicata* L.) sobre o metabolismo de fungos lignícolas expostos a baixas doses dos mesmos. O efeito hormético é observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005).

Para Silva et al. (2013), apesar de a grande maioria das pesquisas com herbicidas serem voltadas ao efeito deletério causado nas plantas em doses elevadas, a utilização de subdoses destes produtos para comprovar o efeito hormético é conhecida desde o século XV e

conta com estudos atuais no mundo todo, inclusive no Brasil. Existem evidências de que substâncias tóxicas administradas em doses baixas possam estimular diferentes organismos, como bactérias (INGRAM; FISHER, 1973), leveduras (LOEFER; BIEBERDORF; WEICHLEIN, 1952; HESSAYON, 1953), plantas e algas (BELZ; HURLE; DUKE, 2005; BELZ et al., 2007; BELZ, 2008; CEDERGREEN; STREIBIG; SPLID, 2004; CEDERGREEN; RITZ; STREIBIG, 2005; CEDERGREEN et al., 2007; PIERIK et al., 2006; GODOY, 2007; MESCHEDE; VELINI; CARBONARI, 2008; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2012) e animais (SANDIFER; HOPKIN, 1997; BROWN et al., 2003; DIAZ; CALABRESE; BLAIN, 2008).

A relação de pesquisa de plantas ao efeito hormético originou de uma ampla gama de investigações no campo e laboratório. Contudo, comum a todos os casos foi o fato da possibilidade de maior crescimento vegetal por baixas doses de agentes tóxicos, no qual, foi uma ocorrência inesperada, que gerou inúmeros comentários posteriores e, em muitos casos, severas investigações. As principais áreas onde tais observações surgiram incluíram o seguinte: 1) a estimativa de limiares de toxicidade semelhante ao que está definido no contexto de uma avaliação de risco; 2) as avaliações de como as plantas respondem a agentes estressores físicos e químicos de natureza limitada; 3) a capacidade de diferenciar as funções essenciais de nutrientes a partir da capacidade de agentes não nutritivos em aumentar o crescimento e outras funções metabólicas e 4) as alegações de que os tratamentos fungicidas e inseticidas tiveram um impacto estimulante direto sobre crescimento vegetal separado de suas ações pesticidas (CALABRESE; BALDWIN, 2000).

Um exame de hormese em plantas cultivadas e silvestres tratadas com baixas doses de herbicidas revela que o incremento na variável analisada pode ser de poucos pontos percentuais (%) a saltos superiores a 100% (CEDERGREEN, 2005). Os estímulos em culturas de cana-de-açúcar, soja, milho, cevada, centeio, eucalipto e pinus são verificados em características de crescimento como ganho de peso, altura, comprimento e área foliar e ou características internas como teor protéico e níveis de açúcares. Na maior parte deles os herbicidas empregados nos testes foram: MSMA, oxifluorfen, terbacil, simazine e glyphosate, com citações de trabalhos clássicos da década de 60 a trabalhos atuais como o de DUKE et al. (2006). Podendo tornar-se uma alternativa a ser empregada no sistema produtivo do feijoeiro e na agricultura em geral (SILVA et al., 2012).

De acordo com Belz (2008), a falta de consideração do fenômeno de hormese dificulta a avaliação da sua importância ecológica e as consequências em um ambiente natural, bem como a sua exploração para o uso agrícola, portanto, um número considerável de pesquisas

será necessário para entender as condições ecológicas necessárias para o efeito hormético e seus potenciais impactos como benefícios ou riscos de estimulação a baixas doses de fitotoxinas. Segundo esta mesma autora, os resultados podem ser benéficos para a agricultura.

2.3 Glyphosate

Inicialmente vários herbicidas foram desenvolvidos como reguladores de crescimento, comprovando a hipótese de hormese. Um exemplo mais notório é o do produto 2,4-D, originalmente desenvolvido como uma auxina e que em doses elevadas tem efeito herbicida (MOUSDALE; COGGINS, 1991). Outro exemplo é o próprio glyphosate cujo antecessor, o glyphosine (utilizado no Brasil como maturador e com o nome comercial Polaris[®]), ainda é utilizado como regulador de crescimento em vários países (HALTER, 2009). Na década de 1970, observou-se que elevadas doses do glyphosine poderiam promover a morte das plantas. A partir desta informação, foi desenvolvido um novo composto com menores dimensões moleculares e com maior afinidade à enzima EPSPS (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase) (HALTER, 2009).

O glyphosate (N-fosfonometilglicina), que é um herbicida não seletivo, largamente usado nas lavouras dos mais diversos produtos é hoje o herbicida mais utilizado no Brasil e no mundo (GODOY, 2007; BASTOS; SIMONI, 2010; BELZ; LEBERLE, 2012). Consiste em uma ferramenta essencial para o desenvolvimento sustentável dos sistemas de produção agrícola e, nos últimos anos, o seu consumo tem aumentado continuamente com o desenvolvimento de variedades resistentes (GODOY, 2007). Este herbicida pertence ao grupo químico dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo. Após sua absorção pelas plantas, é rapidamente translocado, juntamente com fotossintatos, dos pontos de aplicação situados nas folhas até drenos distantes. Em plantas sensíveis, o glyphosate atua inibindo a atividade da enzima plastídica 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), responsável pela reação que condensa shiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato (EPSP) e fosfato inorgânico (Pi), na etapa pré-corismato da rota do shiquimato (SHARNER; BRIDGES, 2003).

De acordo com Meschede, Velini e Carbonari (2008), a inibição da enzima EPSPS pelo glyphosate leva ao acúmulo de chiquimato nos vacúolos que é exacerbado pela perda de controle de realimentação e pelo fluxo desregulado de carbono na rota. Essa rota é

responsável por até 35% da matéria seca da planta e 20% do carbono fixado pela fotossíntese deriva dessa rota (GAZZIERO; PRETE, 2004).

Embora esta molécula tenha, claramente, potencial uso como um regulador de crescimento em doses baixas, seu principal significado comercial tem sido como um herbicida (BELZ; LEBERLE, 2012).

Com exceção das plantas transgênicas, todas as plantas são sensíveis ao glyphosate em maior ou menor intensidade, indicando uma variabilidade funcional nos pontos de ligação dos compostos com a enzima EPSPS (VELINI et al., 2006; GODOY, 2007).

2.4 Hormese e Glyphosate

Dentre os agentes estressores químicos que demonstraram efeito hormético em vegetais, encontra-se o glyphosate. A grande maioria das pesquisas com herbicidas são voltadas ao efeito deletério causado nas plantas em doses elevadas, no entanto, a administração de subdoses destas moléculas para comprovar o efeito hormético é conhecida desde o século XV e conta com estudos atuais no mundo todo, inclusive no Brasil (SILVA et al., 2013).

Vários estudos têm demonstrado que o uso de glyphosate em pequenas doses (subdoses) pode vir a estimular um ganho na matéria seca de plantas, tirosina, caroteno, além de aumento na absorção de fósforo (VELINI, 2006; GODOY, 2007). No entanto, pouco se sabe sobre seus efeitos nos componentes de produção, na relação entre nutrientes e as condições hídricas do ambiente, assim como na produtividade de grãos em plantas cultivadas, como na cultura do feijão.

De acordo com Belz e Leberle (2012) existem diversas aplicações em baixas doses que apontam potencial uso comercial do glyphosate como um regulador de crescimento, tais como a aplicação para aumentar os níveis de açúcar da cana-de-açúcar ou a utilização de estimuladores de crescimento, assim como doses horméticas para aumentar o rendimento das culturas (CEDERGREEN et al., 2009; DALLEY; RICHARD, 2010; EL-SHAHAWY; SHARARA, 2011; GITTI et al., 2011).

O glyphosate apresentou efeito de hormese em diversas plantas, como crescimento da parte aérea e radicular de *Trapoeaba* (*Commelina benghalensis*) (Velini et al., 2008), aumento de matéria verde em milho (WAGNER et al., 2003), crescimento inicial em cana-de-açúcar (SILVA et al., 2009), teor de sacarose em cana-de-açúcar (MCDONALD; MORGAN; JACKSON, 2001), teor de fósforo nas folhas de eucalipto (CARBONARI et al.,

2007) e aumento na produtividade de grãos em feijoeiro (SILVA et al., 2012). Estes últimos autores ressaltam que pouco se sabe sobre o efeito hormético de glyphosate nos componentes de produção, assim como na produtividade de grãos, em plantas cultivadas, como ocorre na cultura do feijão.

O uso mundial de tratamentos com glyphosate em baixas doses na cana de açúcar para aumentar a produção de açúcar é o único exemplo de um uso comercial eficiente de hormese com herbicida (DUKE et al., 2006; DALLEY; RICHARD, 2010). Segundo Belz, Cedergreen e Duke (2011), isto é completamente contrário ao uso comercial longo e eficiente de doses elevadas de vários herbicidas para controle de plantas daninhas, no entanto, desafiado pelo futuro fosso entre a procura de alimentos e a disponibilidade de terras agrícolas, alguns estão convencidos de que a ênfase na produção agrícola está mudando de proteção das culturas para melhoria das mesmas, facilitada pelas novas tecnologias, tais como a estimulação de crescimento induzida por pesticidas (RICH, 2008; CEDERGREEN et al., 2009).

2.5 Manejo do Nitrogênio

Embora o feijoeiro tenha capacidade de suprir parte da sua demanda de N pela associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, a quantidade fornecida por esse processo normalmente é insuficiente, necessitando ser completado, o que via de regra é feito por meio da adubação mineral. Por ser o nutriente mais absorvido e o mais exportado pelas plantas, o nitrogênio deve ser repostado (SILVA et al., 2000).

Entre as deficiências nutricionais que ocorrem na cultura do feijão, a de N é a mais freqüente, devendo-se precisar a dose e época corretas, de modo a propiciar boa nutrição da planta no momento em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta, ou seja, até o início do florescimento (CARVALHO et al., 2001).

A absorção de nitrogênio é realizada durante todo o ciclo da cultura, porém, a época de maior exigência ocorre entre os 35 e 50 dias da emergência das plantas, coincidindo com o período de florescimento, no qual a planta absorve de 2,0 kg ha⁻¹ a 2,5 kg ha⁻¹ ao dia, sendo que a deficiência deste nutriente causa vários distúrbios fisiológicos na planta (ARF et al., 1999).

De acordo com Barbosa Filho e Silva (2001), o sulfato de amônio e a ureia são as duas fontes de N mais utilizadas na agricultura brasileira, possivelmente por apresentarem menor custo e maior disponibilidade no mercado. Enquanto outras fontes de N não estiverem disponíveis no mercado, em condições competitivas com a ureia e o sulfato de amônio, a

estratégia para maximizar a eficiência de uso de N ainda deverá ser o aperfeiçoamento de seu próprio manejo. Os mesmos autores afirmaram que a ureia, aplicada superficialmente e com uso da irrigação, foi a opção com maior retorno econômico, para adubação nitrogenada em cobertura.

Stone e Moreira (2001) verificaram que o número de vagens por planta, massa de cem sementes e produtividade do feijoeiro responderam significativamente a 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de N, aplicados aos 35 DAE, sob o sistema de plantio direto. Constataram ainda que houve aumento na produtividade com o decorrer de vários anos de cultivo com o incremento das doses desse nutriente.

Soratto et al. (2001) constataram que a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 15, 25 e 35 DAE proporcionou melhor desenvolvimento e aumentos da produtividade da cultura do feijão irrigado, cultivado em sistema de plantio direto.

Segundo observado por Farinelli et al. (2006), o feijoeiro responde melhor a adubação nitrogenada no sistema de cultivo convencional que no sistema plantio direto, o que reforça a hipótese de que no plantio direto talvez exista a necessidade de se utilizar doses de nitrogênio maiores, em virtude dos efeitos da velocidade de decomposição e relação C/N da palha, no processo de imobilização do nitrogênio. A competição dos microrganismos com o feijoeiro, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, e a grande absorção e extração do N pela planta, limitam a produtividade da cultura, mesmo que outros fatores de produção possam ser otimizados (ARF, 1994; ROSOLEM, 1996; SIQUEIRA; MOREIRA, 2002).

Ries et al. (1967) e Pulver e Ries (1973) desenvolveram evidências consideráveis de que baixas doses do herbicida simazina do grupo químico das triazinas poderia melhorar o metabolismo do nitrogênio em algumas culturas, mas esta informação não foi explorada. O que torna a relação do efeito hormético com a nutrição de plantas e adubação nitrogenada uma vasta gama a ser explorada e que pode trazer benefícios às culturas agrícolas.

De acordo com Belz (2008) e Belz e Cedergreen (2010), quando um ensaio de alface foi conduzido sem nutrientes, o fitoquímico natural “Parthenin” exibiu um efeito hormético consistente e pronunciado no alongamento da raiz de *Lactuca sativa*. No entanto, a realização do teste com uma solução nutritiva completa eliminou o efeito hormético. Portanto, torna-se coerente à realização de novas pesquisas que visam avaliar o efeito hormético nos vegetais sob condições adversas de nutrição.

2.6 Manejo da água

A instabilidade climática afeta o feijoeiro em quase todas as regiões produtoras do Brasil, com períodos de excessos e de deficiência hídrica. Isto provoca grande oscilação na produção nacional de feijão, que se apresenta como uma cultura sensível à deficiência hídrica, sendo que em regiões onde ocorre distribuição irregular das precipitações pluviais o emprego de irrigação é essencial (GUIMARÃES et al., 1996).

A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final e alterações no desenvolvimento das plantas. Os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (FOLEGATTI et al., 1997).

O déficit hídrico é considerado um potencial agente estressante para os vegetais, principalmente para o feijoeiro que é classificado como planta sensível, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo (NÓBREGA et al., 2000; SILVEIRA; STONE, 2004).

Dentre as culturas de inverno irrigadas, o feijão é a principal nas regiões Sudeste, Centro - Oeste e algumas áreas da região Nordeste. Com o uso de irrigação, as produtividades são geralmente superiores a 1500 kg ha⁻¹ e dependendo do nível de tecnologia utilizada podem ultrapassar os 3000 kg ha⁻¹ (SILVEIRA; STONE, 1994; ROMANINI JÚNIOR et al., 2007).

Em diversos trabalhos que mostram o efeito positivo da adubação nitrogenada, a cultura chega a responder a doses de N acima de 100 kg ha⁻¹ e a sua aplicação associada a outras tecnologias como a irrigação normalmente torna-se viável. Silva e Silveira (2000) consideram a prática de irrigação um marco para a cultura do feijão, porque viabilizou a adoção de tecnologia e, conseqüentemente, promoveu aumento da sua produtividade.

Para Stone et al. (2006) , o uso de irrigação na cultura do feijão de inverno semeado em sistema plantio direto, se tornou uma alternativa rentável para agricultores que dispõem desta tecnologia, porque a presença de palha reduz a evapotranspiração das culturas enquanto o dossel das mesmas não cobre totalmente o solo gerando economia no uso de irrigação.

Os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm assumindo grande parte das preocupações dos agricultores irrigantes. O manejo adequado da irrigação tem sua importância relacionada aos custos de energia elétrica, bem como à

conservação do solo e da água. Diante disso, a aplicação de água, na quantidade requerida pelas culturas e no momento apropriado, torna-se de fundamental importância dentro do contexto desses recursos naturais (PAVANI et al., 2009).

Arf et al. (2004) obtiveram produtividade de grãos semelhantes, quando comparadas diferentes lâminas de água na cultura do feijoeiro irrigado, concluindo-se que as menores lâminas de água, consequentemente proporcionavam menor custo de produção. Segundo estes autores, solos muito úmidos propiciam condições de má aeração ao sistema radicular, além de aumento da incidência de doenças. Para Moreira et al. (1988), o excesso de água provoca deficiência de oxigênio, levando a uma concentração inadequada desse elemento na planta e redução da atividade microbiana do solo. Os mesmos relatam que o consumo de água do feijoeiro depende do estágio de desenvolvimento, das condições do solo, época de cultivo e das condições climáticas. De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias varia entre 300 a 500 mm para obtenção de alta produtividade.

Mediante as mudanças climáticas no planeta e a necessidade cada vez maior por alimentos em menor espaço físico e temporal, é imprescindível que a pesquisa de estímulos à dose-resposta não se restrinja apenas a limiares de toxicidade quantitativos, mas também as condições ambientais, climáticas e nutricionais em que o efeito hormético pode ser promissor aos sistemas agrícolas.

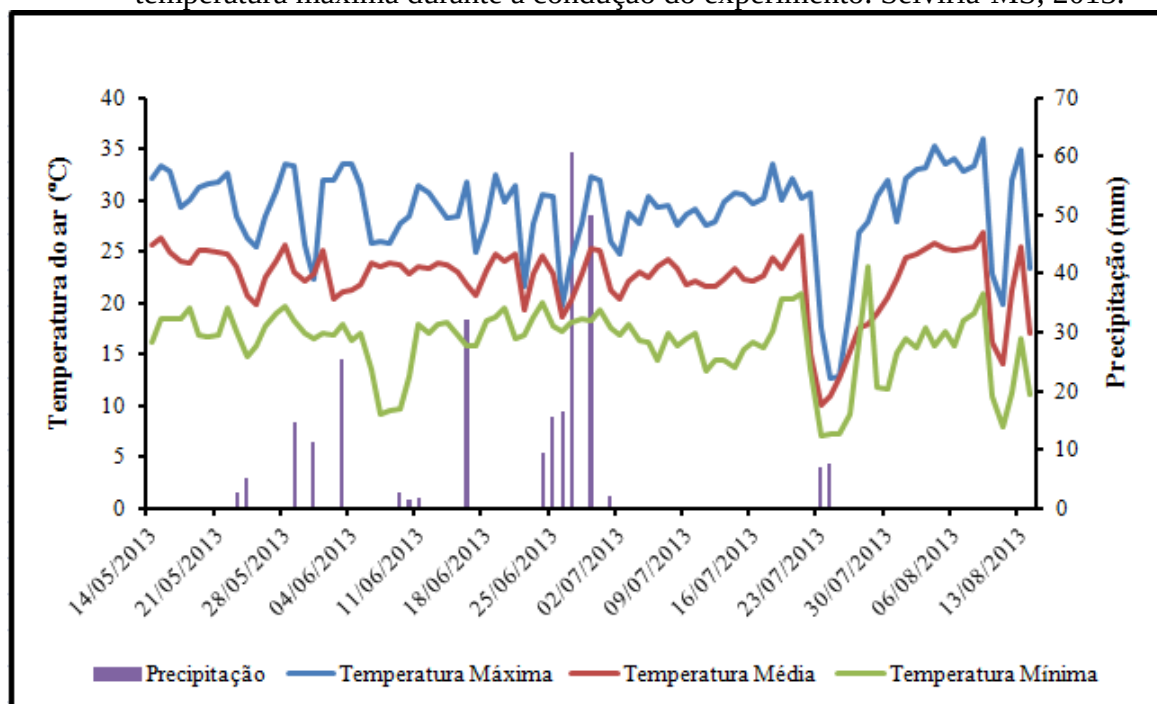
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em uma área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 24' 1,12" de longitude Oeste de Greenwich e 20° 20' 51,27" de latitude Sul, com altitude de 344 metros.

Segundo Centurion (1982), a precipitação total anual é de 1330 mm, a temperatura média anual é de aproximadamente 25°C e a média anual de umidade relativa do ar é de 66%.

Figura 1- Dados de precipitação pluvial, temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima durante a condução do experimento. Selvíria-MS, 2013.



Fonte: Dados obtidos no posto meteorológico da FEIS – Selvíria (MS).

O solo do local é considerado de acordo com a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. O experimento foi instalado em área anteriormente ocupada pela cultura do milho em sistema plantio direto.

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, seguindo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983). Os resultados são apresentados a seguir:

Tabela 1- Análise química do solo da área experimental, Selvíria-MS, Brasil, 2013.

<i>Profundidade (m)</i>	<i>pH</i>	<i>P-resina</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>H + Al</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>	<i>MO</i>
	<i>CaCl₂</i>	<i>--mg dm⁻³--</i>	<i>-----mmolc dm⁻³-----</i>						<i>%</i>	<i>g dm⁻³</i>
0,00 – 0,10	5,7	22	3,7	35	26	0	21	85,7	75	23
0,10 – 0,20	5,1	18	2,3	21	17	1	28	68,3	59	18
0,20 – 0,40	4,6	14	1,3	11	8	4	31	51,3	40	14

Fonte: Dados obtidos no laboratório de Fertilidade de Solos da FEIS – UNESP.

A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo e as recomendações de Ambrosano et al. (1996). Foram aplicados 240 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10 + 0,3% de Zn.

A dessecação da área em plantio direto foi feita com 1500 g do e.a. ha⁻¹ de glyphosate. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida imidacloprido + tiodicarbe (45 + 135 g do i.a. por 100 kg) e fungicida carboxina + tiram (50 + 50 g do i.a. por 100 kg).

A semeadura do feijão ocorreu no dia 14 de maio de 2013 no campo. As sementes foram distribuídas em sulcos na densidade de 12,4 sementes por metro de sulco e o espaçamento adotado foi de 0,45 m nas entrelinhas. A cultivar de feijão foi a IPR 139 conhecida popularmente como Juriti branca, do grupo carioca, com habito de crescimento indeterminado (Tipo II), arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado.

A emergência das plantas no campo ocorreu no dia 21 de maio de 2013 aos sete dias após a semeadura (DAS).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 3x4x2 e os tratamentos foram constituídos pela combinação de três subdoses de glyphosate (0, 10 e 15 g do e.a. ha⁻¹), quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e duas lâminas de água (L₁: coeficiente da cultura (Kc₁) + precipitação; L₂: Kc₂ + precipitação), com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas de cinco

linhas com 4,5 metros de comprimento, sendo utilizadas 3 linhas centrais como área útil, desprezando 0,5 m nas extremidades de cada linha.

A aplicação das subdoses de glyphosate (Roundup Original® – 360 g do e.a. L⁻¹) foi realizada em forma de pulverização foliar, com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂ dotado de barra com cinco pontas, modelo TXA 8002 VK, operado a pressão de 3 Kg f pol⁻², e volume de calda de 160 L ha⁻¹, no dia 14 de junho de 2013, quando as plantas atingiram o estágio V₄₋₅, ou seja, no momento em que as plantas estavam com a quinta folha trifoliada completamente formada, de acordo com Fernandez et al. (1986). As aplicações foram realizadas no final da tarde com pouca incidência de ventos e temperatura por volta dos 25°C.

Quanto à adubação nitrogenada em cobertura, esta foi realizada de forma única no dia 17 de junho de 2013 utilizando-se ureia como fonte nitrogenada e quando as plantas atingiram o estágio V₄₋₆, ou seja, no momento em que as plantas estavam com a sexta folha trifoliada completamente formada, de acordo com (FERNANDEZ et al., 1986).

Os demais tratos culturais e fitossanitários utilizados foram os normalmente recomendados à cultura do feijão “de inverno” para a região.

3.3 Manejo da cultura

O fornecimento de água foi realizado por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm h⁻¹ nos aspersores. A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração da cultura (ET_c) acumulada atingiu valores próximos da água disponível do solo (ADS) preestabelecidos. A evaporação de água (ECA) foi obtida diariamente do tanque classe A instalado no Posto Meteorológico distante 500 m da área experimental. O coeficiente do tanque classe A (K_p) utilizado era o proposto por (DOORENBOS; PRUITT, 1976).

3.3.1 Manejo da água

No manejo de água da cultura foram utilizados coeficientes de cultura (K_c) das fases de desenvolvimento: germinação – folhas primárias (V₀ – V₂); primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada (V₃ – V₄); prefloração – formação de vagens (R₅ – R₇); enchimento de vagens (R₈) e maturação (R₉) (FERNANDEZ et al., 1986) (Tabela 1). Os valores dos coeficientes de cultura (K_{c2}) utilizados na lâmina 2 são os propostos por Doorenbos e Kassam

(1979). Na lâmina 1 os valores dos coeficientes de cultura (Kc_1) são 25% inferiores em relação ao Kc_2 .

Tabela 2- Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de água aplicadas por aspersão. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

<i>Lâminas de água</i> ⁽¹⁾	<i>Fases de desenvolvimento</i> ⁽²⁾				
	V_0-V_2	V_3-V_4	R_5-R_7	R_8	R_9
L_1	0,23	0,53	0,79	0,56	0,19
L_2	0,30	0,70	1,05	0,75	0,25

⁽¹⁾ L_1 : coeficiente da cultura (Kc_1) + precipitação; L_2 : Kc_2 + precipitação. ⁽²⁾Fases de desenvolvimento (Fernandez et al., 1986): V_0-V_2 : germinação – folhas primárias; V_3-V_4 : primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada; R_5-R_7 : pré-floração – formação de vagens; R_8 : enchimento de vagens; R_9 : maturação.

Fonte: Dados da pesquisa do autor

3.4 Avaliações realizadas

População de plantas

Foi avaliada a população de plantas pela da contagem das plantas em 2 linhas da área útil das parcelas no início (fase V_2) e final do desenvolvimento da cultura e os dados foram transformados em plantas ha^{-1} .

Florescimento pleno

Foi avaliado o número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

Índice de clorofila foliar

A estimativa do teor médio de clorofila foliar foi realizada no campo com a utilização de clorofilômetro portátil marca ClorofiLOG[®], modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola[®]), que por meio de sensores, analisa três faixas de frequência de luz e através de relações de absorção de diferentes frequências, fornece medições dos teores das clorofilas *a*, *b* e total (*a+b*), expressas em unidades dimensionais chamadas ICF (Índice de Clorofila Foliar) (FALKER, 2008). Por ocasião do florescimento pleno das plantas do feijoeiro, foram feitas medições no terceiro trifólio contando do ápice para a base, sendo obtidas 4 medições por parcela, em quatro plantas de onde se obteve a média por parcela.

Massa da matéria seca de plantas

Por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas 10 plantas ao acaso na área de cada parcela, para determinação da massa da matéria seca de plantas. As amostras foram levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 - 70°C, até atingir peso constante. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g planta⁻¹.

Teor de nitrogênio (N) nas folhas

Foram retiradas as folhas das plantas obtidas para análise anterior que em seguida foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C até atingir peso constante. Posteriormente as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação do teor de nitrogênio segundo metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974).

Componentes de produção

Por ocasião da colheita foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela e realizadas as seguintes avaliações:

- Número de vagens planta⁻¹: determinado pela relação entre o número total de vagens e o número total de plantas;
- Número de grãos planta⁻¹: determinado pela relação entre o número total de grãos e o número total de plantas;
- Número de grãos vagem⁻¹: calculado pela relação entre o número total de grãos e do número total de vagens;
- Massa de 100 grãos: determinada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos por parcela, posteriormente a umidade dos grãos foi corrigida para 13% base úmida.

Produtividade

As plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilha mecânica, posteriormente os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando se constatou interação significativa entre as fontes de variação, procedeu-se ao desdobramento, comparando as médias dos tratamentos com lâminas de água e subdoses de glyphosate pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) (PIMENTEL GOMES; GARCIA, 2002).

Os efeitos das doses de nitrogênio foram analisados por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), para melhor discussão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Disponibilidade hídrica

A precipitação pluvial no período de cultivo foi de 266 mm, considerada adequada para este período na região (Tabela 3). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), a necessidade de água do feijoeiro varia entre 300 e 500 mm para obtenção de alta produtividade.

Tabela 3- Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão durante o ciclo do feijoeiro. Selvíria-MS, 2013.

Lâminas de água ⁽¹⁾	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L ₁	266	89	355
L ₂	266	125	391

⁽¹⁾L₁: coeficiente da cultura (Kc₁) + precipitação e L₂: Kc₂ + precipitação.

Fonte: Dados do próprio autor.

4.2 Florescimento pleno e ciclo da cultura

A avaliação do florescimento pleno do feijoeiro se deu em área total do experimento quando pelo menos 50% das plantas de cada parcela encontravam-se com flores, sendo possível observar sua ocorrência aos 43 dias após a emergência (DAE) da cultura. A colheita dos grãos ocorreu no dia 14/08/2013 aos 85 dias após a emergência (DAE).

4.3 População inicial e população final de plantas

Os dados referentes à população inicial de plantas (PI) e população final de plantas (PF) são apresentados na Tabela 4. De maneira geral, as populações inicial e final de plantas foram relativamente uniformes em todo o experimento (Tabela 4). Houve diferença significativa no fator doses de nitrogênio para a população inicial, no entanto, este tratamento foi em cobertura e não poderia ter causado esta variação.

Tabela 4- População inicial de plantas (PI) e população final de plantas (PF) em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Tratamentos		PI - plantas m ⁻¹ -	PF - plantas m ⁻¹ -
G (g do e.a. ha⁻¹)			
	0	8,91	7,78
	10	8,88	7,97
	15	9,38	7,94
D (kg ha⁻¹)			
	0	8,96 ⁽¹⁾	7,83
	40	8,67	7,79
	80	9,50	8,13
	120	9,08	7,83
L			
	L ₁	8,94	8,04
	L ₂	9,17	7,75
F para:	G	2,70 ^{n.s}	0,31 ^{n.s}
	D	3,09 *	0,55 ^{n.s}
	L	1,36 ^{n.s}	1,98 ^{n.s}
	G x D	1,11 ^{n.s}	0,83 ^{n.s}
	G x L	0,48 ^{n.s}	0,74 ^{n.s}
	D x L	2,07 ^{n.s}	0,66 ^{n.s}
	G x D x L	0,93 ^{n.s}	0,55 ^{n.s}
DMS	G	0,58	0,61
	L	0,39	0,41
Média geral		9,05	7,89
CV (%)		10,65	12,85

* e ^{n.s} – significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; L₁: (Kc₁ + precipitação), L₂: (kc₂ + precipitação); DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ y = 8,9583 – 0,0411 x + 0,0010 x² (R² = 0,99).

Fonte: Dados do próprio autor.

4.4 Índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca do feijoeiro (MS) e teor de nitrogênio (N) nas folhas

É possível verificar que as subdoses de glyphosate não resultaram em diferenças no índice de clorofila foliar (ICF) do feijoeiro (Tabela 5). Os maiores valores de ICF foram obtidos na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, seguido pela dose de 40 kg ha⁻¹ de N, ocorrendo diferença significativa em nível de 1% de probabilidade. Portanto, nas condições do presente trabalho, as menores doses de N ocasionaram os maiores valores de ICF. Discordando dos dados observados por Carvalho et al. (2003) no qual obtiveram aumento no teor de clorofila, em relação à testemunha, quando utilizou-se adubação nitrogenada. No entanto, nos tratamentos com diferentes lâminas de água, o ICF foi relativamente proporcional ao aumento da água disponível a cultura, sendo que os resultados interagiram significativamente com as doses de nitrogênio em cobertura (Tabela 5).

A subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ reduziu a MS em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). Redução que também foi observada por Rabello et al. (2009), onde concluíram que o glyphosate reduziu o crescimento do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Pérola, diminuindo a produção de matéria seca do ramo e da folha. Trabalhando com curauá branco (*Ananas erectifolius*), Maciel et al. (2007) observaram que a aplicação de subdoses de glyphosate não provocaram estímulos ou incrementos no desenvolvimento vegetativo das plantas. Estes dados contradizem os observados por Velini et al. (2006) que trabalharam em casa de vegetação com aplicação de doses de glyphosate variando entre 1,8 e 720 g do e.a. ha⁻¹ em um total de nove espécies vegetais incluindo soja, eucalipto, pinus, milho, café, citros e capim trapoeiraba, e verificaram que, exceto a soja transgênica resistente ao glyphosate, para a qual não houve resposta, ocorreram estímulos ao crescimento da parte aérea de todas as espécies consideradas quando utilizadas doses inferiores a 36 g do e.a. ha⁻¹. Em *Eucalyptus grandis*, a dose de apenas 3,6 g do e.a. ha⁻¹ foi suficiente para estimular o crescimento proporcionando maiores valores de biomassa de parte aérea e maior número de ramos laterais, indicando a menor dominância apical. Em *Commelina benghalensis*, a aplicação do glyphosate, com microseringa e em doses compatíveis com recebidas pelas plantas da espécie em aplicações em pós-emergência inicial na cultura da soja, implicou em aumentos na biomassa de até 115%. Para as culturas da soja (convencional) e milho, foram desenvolvidos procedimentos específicos para a análise estatística dos dados, ajustando-se modelos com a previsão de estímulos para baixas doses do herbicida. Os resultados indicaram aumentos máximos da biomassa de parte aérea de 27,81% e 25,46% para as doses de 14,2 e 22,6 g do

e.a. ha⁻¹, respectivamente. No algodoeiro, Neves et al. (2009) obtiveram maior ganho de matéria fresca na dose de 8 g do e.a. ha⁻¹, com estímulo de 17% em relação à dose 0 g do i.a. ha⁻¹.

Tabela 5- Índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca do feijoeiro (MS) e teor de nitrogênio (N) nas folhas em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Tratamentos		ICF	MS - g planta ⁻¹ -	N nas folhas - g kg ⁻¹ --
G (g do e.a. ha⁻¹)				
	0	27,28	14,59	22,03
	10	27,06	13,06	23,06
	15	27,41	15,38	23,13
D (kg ha⁻¹)				
	0	28,00 ⁽¹⁾	14,29 ⁽²⁾	22,13 ⁽³⁾
	40	27,63	13,83	22,17
	80	26,13	13,46	23,75
	120	27,25	15,79	22,92
L				
	L ₁	26,10	14,88	22,35
	L ₂	28,40	13,81	23,13
F para:	G	0,32 ^{n.s}	8,58 ^{**}	17,31 ^{**}
	D	5,14 ^{**}	4,87 ^{**}	20,16 ^{**}
	L	41,17 ^{**}	5,25 [*]	20,44 ^{**}
	G x D	0,43 ^{n.s}	2,95 ^{**}	8,96 ^{**}
	G x L	0,15 ^{n.s}	4,70 ^{**}	1,36 ^{n.s}
	D x L	7,26 ^{**}	2,65 [*]	11,28 ^{**}
	G x D x L	1,05 ^{n.s}	4,70 ^{**}	15,79 ^{**}
DMS	G	1,05	1,36	0,50
	L	0,71	0,93	0,34
Média geral		27,25	14,34	22,74
CV (%)		6,42	15,84	3,67

^{**}, ^{*} e ^{n.s} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; L₁: (Kc₁ + precipitação), L₂: (kc₂ + precipitação); DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ y = 28,1875 - 0,0375 x + 0,0002 x² (R² = 0,64); ⁽²⁾ y = 14,2833 - 0,0387 x + 0,0005 x² (R² = 0,99); ⁽³⁾ y = 21,9271 + 0,0263 x - 0,0001 x² (R² = 0,55).

Fonte: Dados do próprio autor.

Os dados de MS referentes às doses de N se ajustaram a uma função quadrática em que o menor valor de MS se deu com aplicação de 80 kg ha^{-1} de N e o maior valor foi resultado da utilização de 120 kg ha^{-1} de N seguido do tratamento testemunha, ou seja, sem o emprego de N em cobertura (Tabela 5). Resultados muito semelhantes aos observados por Arf et al. (2004) em que o aumento nas doses de N propiciou variações nos teores desse nutriente na planta e os dados também se ajustaram a uma função quadrática no primeiro ano de cultivo. O que, de fato, também foi obtido por Silveira e Damasceno (1993), estudando a aplicação de doses de N na cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, em que também verificaram aumento da massa da matéria seca de plantas, teor e conteúdo de N na parte aérea da planta com o aumento da dose desse nutriente aplicada ao solo. Segundo Arf et al. (2004), a resposta dessas variáveis ao N é dependente do teor de N disponível no solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, temperatura, fixação simbiótica de N_2 , cultivar e outros.

Inversamente proporcional ao ICF, a MS do feijoeiro foi maior quando a lâmina de água empregada foi 25% menor do que na L_2 (L_1 : KC_1 + precipitação) com interação entre todos os fatores de variação estudados no que diz respeito à massa da matéria seca do feijoeiro (Tabela 5).

O teor de N nas folhas foi influenciado de forma isolada por todos os tratamentos estudados (Tabela 5). A subdose de $15 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$, e as maiores doses de N em cobertura (80 e 120 kg ha^{-1} de N) promoveram estímulos ao teor de N nas folhas em relação aos tratamentos sem aplicação. Resultados semelhantes aos observados por Farinelli et al. (2006) no qual verificaram que os teores foliares de N responderam de forma linear, no primeiro ano, e com função quadrática, no segundo ano de cultivo, em relação às doses de N em cobertura. Silveira e Damasceno (1993) e Carvalho et al. (2003) também verificaram essa resposta nas cultivares Carioca e IAC Carioca, no período de inverno, tanto em semeadura convencional quanto direta. Os valores encontrados, no presente trabalho, situaram-se fora da faixa de suficiência indicada por Malavolta et al. (1997) e Ambrosano et al. (1997), e abaixo do nível crítico de 30 g kg^{-1} , mesmo na maior dose de adubação nitrogenada. Tal fato pode estar atrelado aos valores altos de massa da matéria seca obtidos no presente trabalho, que podem ter causado um efeito de diluição na quantidade de N foliar.

A disponibilidade hídrica foi outro fator determinante ao teor de N nas folhas, sendo prejudicial à medida que se reduziu a irrigação. Para as interações, apenas entre as subdoses x lâminas de água não houve efeito (Tabela 5).

As diferenças obtidas para o ICF do feijoeiro de acordo com as lâminas de água (Tabela 6) ocorreram nas doses de 0 e 40 kg ha⁻¹ de N, sendo que, nos dois casos, os maiores valores de ICF ocorreram quando houve maior disponibilidade hídrica para a cultura (L₂). Ainda nesta lâmina de água, o ICF do feijoeiro diferiu com resposta quadrática de acordo com as doses de N empregadas. Sendo o maior valor observado no tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura (0 kg ha⁻¹ de N) e o menor valor quando se aplicou 80 kg ha⁻¹ de N.

As lâminas de água influenciaram a MS do feijoeiro quando empregadas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). Para ambos os tratamentos de N em cobertura, L₂ obteve os menores valores de MS do feijoeiro. Portanto, nas condições do presente trabalho, a MS do feijoeiro foi influenciada pela disponibilidade hídrica somente quando utilizadas doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 6). Houve ajuste a função quadrática das diferentes doses de N dentro do tratamento com maior restrição hídrica ao feijoeiro (L₁).

Para o teor de N foliar é possível observar que apenas na dose de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação, sendo superior na lâmina L₂ (Tabela 6). No entanto, este não foi o maior valor obtido, como demonstrado na função quadrática gerada pelos teores de N foliar na lâmina L₂ com ponto de máxima resposta na adubação com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Tabela 6- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre o índice de clorofila foliar (ICF), massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Lâminas de água	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
<i>Índice de clorofila foliar (ICF)</i>					
L ₁	25,67 b	26,17 b	26,00	26,58	n.s
L ₂	30,33 a	29,08 a	26,25	27,92	RQ ** (1)
DMS = 1,75					
<i>Massa da matéria seca (g planta⁻¹)</i>					
L ₁	14,25	13,67	14,42 a	17,17 a	RQ ** (2)
L ₂	14,33	14,00	12,50 b	14,42 b	n.s
DMS = 1,85					
<i>Teor de N nas folhas (g kg⁻¹)</i>					
L ₁	22,33	21,00 b	23,50	22,58	**
L ₂	21,92	23,33 a	24,00	23,25	RQ ** (3)
DMS = 0,68					

** e n.s – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo; L₁: (kc₁ + precipitação); L₂: (kc₂ + precipitação); Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ $y = 30,6375 - 0,0798 x + 0,0004 x^2$ ($R^2 = 0,80$); ⁽²⁾ $y = 14,2833 - 0,0388 x + 0,0005 x^2$ ($R^2 = 0,99$); ⁽³⁾ $y = 21,8833 + 0,0523 x - 0,0003 x^2$ ($R^2 = 0,99$).

Fonte: Dados do próprio autor.

A massa da matéria seca (MS) do feijoeiro diferiu entre as subdoses de glyphosate também nas menores doses de adubação nitrogenada em cobertura (0 e 40 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 7). Tanto na ausência de N em cobertura como na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, a aplicação de 10 g do e.a. ha⁻¹ reduziu a MS do feijoeiro em relação aos demais tratamentos (0 e 15 g do e.a. ha⁻¹). Quando se utilizou subdoses de 10 e 15 g do e.a. ha⁻¹ a massa da matéria seca apresentou resposta quadrática ao aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura, o que não ocorreu na ausência de adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 7).

O teor de N nas folhas do feijoeiro foi influenciado de maneira distinta pelas subdoses de glyphosate de acordo com as doses de N em cobertura (Tabela 7). Pode-se observar que a subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ proporcionou maiores valores no teor de N nas folhas na ausência de N em cobertura, porém, quando utilizado 80 kg ha⁻¹ de N, a mesma subdose acarretou redução nos teores de N. Ao passo que, o comportamento é outro no emprego de 120 kg ha⁻¹

de N em cobertura, no qual, as subdoses propiciaram os maiores valores no teor de N nas folhas em relação ao tratamento sem glyphosate (Tabela 7).

Tabela 7- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sobre a massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
<i>Massa da matéria seca (g planta⁻¹)</i>					
0	13,50 ab	15,13 a	13,63	16,13	n.s
10	13,25 b	10,75 b	13,75	14,50	RQ ^{**} (1)
15	16,13 a	15,63 a	13,00	16,75	RQ ^{**} (2)
DMS = 2,72					
<i>Teor de N nas folhas (g kg⁻¹)</i>					
0	21,38 b	20,63 b	24,00 a	22,13 b	**
10	23,25 a	22,88 a	22,88 b	23,25 a	n.s
15	21,75 b	23,00 a	24,38 a	23,38 a	RQ ^{**} (3)
DMS = 1,00					

** e n.s – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ $y = 12,8625 - 0,0440 x + 0,0005 x^2$ ($R^2 = 0,62$); ⁽²⁾ $y = 16,5500 - 0,0816 x + 0,0007 x^2$ ($R^2 = 0,56$); ⁽³⁾ $y = 21,6250 + 0,0578 x - 0,0004 x^2$ ($R^2 = 0,91$).

Fonte: Dados do próprio autor.

Para a MS do feijoeiro na lâmina de água (L₁) foram observadas diferenças entre as subdoses de glyphosate, com redução na subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ (Tabela 8). Porém, pode-se desconsiderar esta redução por conta dos dados apresentados em seguida, no qual, fica evidente que um fato isolado dentro da dose de 40 kg ha⁻¹ de N causou esta redução. Quanto a influencia das lâminas de água sobre a MS do feijoeiro, houve diferença somente quando se utilizou 15 g do e.a. ha⁻¹ de glyphosate, sendo que, na condição hídrica menor (L₁) o feijoeiro produziu mais MS do que em maior disponibilidade hídrica para a cultura (L₂) independente do uso de doses reduzidas do glyphosate.

Tabela 8- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre a massa da matéria seca. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Lâminas de água	
	L ₁	L ₂
0	15,38 a	13,81
10	12,63 b	13,50
15	16,63 aA	14,13 B
DMS ⁽¹⁾ = 1,92	DMS ⁽²⁾ = 1,60	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: lâminas de água; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na Tabela 9 é possível verificar que houve diferenças na MS do feijoeiro de acordo com as subdoses de glyphosate quando se utilizou a lâmina de água total de 355 mm, tanto na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, como quando se aplicou 40 kg ha⁻¹ de N. Na primeira condição, a subdose de 15 g do e.a. ha⁻¹ proporcionou o maior valor de MS do feijoeiro em relação aos demais tratamentos, no qual, não diferiram entre si. No segundo caso, ou seja, L₁ e 40 kg ha⁻¹ de N, as subdoses de 0 e 15 g do e.a. ha⁻¹ de glyphosate não diferiram entre si quanto à MS do feijoeiro, no entanto, seus valores ficaram acima do valor obtido com 10 g do equivalente ácido ha⁻¹. Resultado que já foi discutido anteriormente e foi classificado como exceção dentre os resultados obtidos.

Na ausência de N em cobertura houve diferença entre L₁ e L₂ somente com 15 g do e.a. ha⁻¹ de glyphosate, ficando o valor de MS na L₁ superior ao da L₂. Na dose de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, houve diferença entre L₁ e L₂ para a MS em 0 e 10 g do e.a. ha⁻¹, onde, na ausência de subdoses de glyphosate L₁ foi superior a L₂ e quando aplicado 10 g do e.a. ha⁻¹ a L₂ superou L₁ em relação a MS. O que reforça a interação entre os fatores estudados (Tabela 9).

Com o emprego de 80 kg ha⁻¹ de N as diferenças entre as lâminas de água sobre a MS do feijoeiro ficam restritas aos tratamentos sem aplicação de glyphosate, no qual, a L₁ foi superior a L₂. Por fim, nos tratamentos onde se utilizou 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura ocorreram diferenças somente quando submetidos à subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹, no qual, a L₁ obteve resultados superiores de MS em relação a L₂ (Tabela 9).

Tabela 9- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro irrigado sobre a massa da matéria seca e teor de N nas folhas. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)		Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)						
		0		40		80		120
		Lâminas de água						
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂
Massa da matéria seca (g planta ⁻¹)								
0	12,00 b	15,00	17,25 aA	13,00 B	15,25 A	12,00 B	17,00	15,25
10	12,50 b	14,00	7,75 bB	13,75 A	13,50	14,00	16,75 A	12,25 B
15	18,25 aA	14,00 B	16,00 a	15,25	14,50	11,50	17,75	15,75
DMS ⁽¹⁾ = 3,85		DMS ⁽²⁾ = 3,20						
Teor de N nas folhas (g kg ⁻¹)								
0	20,75 bB	22,00 abA	19,25 bB	22,00 bA	24,75 aA	23,25 bB	22,50	21,75 b
10	23,75 a	22,75 a	22,50 a	23,25 b	20,75 bB	25,00 aA	23,00	23,50 a
15	22,50 aA	21,00 bB	21,25 aB	24,75 aA	25,00 aA	23,75 abB	22,25 B	24,50 aA
DMS ⁽³⁾ = 1,42		DMS ⁽⁴⁾ = 1,18						

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ^(1,3) referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: doses de nitrogênio x lâminas de água; ^(2,4) referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate x doses de nitrogênio.

Fonte: Dados do próprio autor.

De acordo com os dados da Tabela 9, nota-se que em condições de maior restrição hídrica e ausência de adubo nitrogenado em cobertura, a utilização de 10 g ha^{-1} de glyphosate propiciou maiores valores no teor de N nas folhas do feijoeiro. Além disso, esta subdose se mostra mais estável em relação aos demais tratamentos, diferenciando o teor de N foliar devido às lâminas de água empregadas somente no tratamento com 80 kg ha^{-1} de N em cobertura, no qual atingiu os maiores valores de N foliar na lâmina L_2 (391 mm).

Independentemente da dose de N em cobertura, na maioria dos casos as subdoses de glyphosate (10 e $15 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$) influenciaram de maneira positiva os teores de N nas folhas do feijoeiro, uma vez que, das oito situações avaliadas, houve incremento nesta característica em cinco situações (Tabela 9). Mesmo com 120 kg ha^{-1} de N em cobertura, as subdoses proporcionaram aumentos nos teores de N foliar, o que reforça a hipótese de ocorrer uma melhor absorção deste elemento por conta da aplicação de subdoses de glyphosate. Fato este que não ocorreu de forma significativa no trabalho de Meschede (2009) ao avaliar o emprego de subdoses de glyphosate (200 e $400 \text{ mL do p.c. ha}^{-1}$) na cultura da cana-de-açúcar.

4.5 Números de vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem

É possível observar a seguir que a adubação nitrogenada em cobertura resultou em diferenças significativas no número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem do feijoeiro ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 10). A testemunha sem adubação nitrogenada em cobertura apresentou maior quantidade de grãos por planta e o menor resultado ficou por conta da dose de 80 kg ha^{-1} , os resultados se ajustaram ao modelo quadrático. Diferentemente dos dados obtidos por Arf et al. (2004) em que doses de 0 , 30 , 60 , 90 e 120 kg ha^{-1} de N aplicados em cobertura aos 15 dias após a emergência das plantas acarretaram em incrementos no número de grãos por planta ($31,9$ a $36,6$) com ajuste linear de acordo com as doses de nitrogênio. Alvarez et al. (2005) também observaram que a aplicação de doses de N em cobertura afetou significativamente o número de grãos por planta e os dados se ajustaram a uma função linear com acréscimo na variável de acordo com o aumento da dose de N em cobertura.

Houve interações significativas entre glyphosate e nitrogênio para o número de vagens por planta e entre todos os fatores de variação para o número de grãos por planta. Já, quanto ao número de grãos por vagem, somente a interação das lâminas de água x subdoses de glyphosate não foi significativa (Tabela 10).

Tabela 10- Número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Tratamentos		Número de vagens por planta	Número de grãos por planta	Número de grãos por vagem
G (g do e.a. ha⁻¹)				
	0	11,97	64,34	5,34
	10	12,81	61,44	5,06
	15	11,94	63,59	5,13
D (kg ha⁻¹)				
	0	12,21	68,46 ⁽¹⁾	5,38
	40	13,71	67,08	5,04
	80	10,08	56,29	5,67
	120	12,96	60,67	4,63
L				
	L ₁	11,98	63,83	5,15
	L ₂	12,50	62,42	5,21
F para:	G	1,25 ^{n.s}	2,02 ^{n.s}	1,79 ^{n.s}
	D	9,32 **	21,49 **	12,32 **
	L	1,04 ^{n.s}	1,34 ^{n.s}	0,24 ^{n.s}
	G x D	6,53 **	24,25 **	5,66 **
	G x L	2,75 ^{n.s}	8,85 **	0,24 ^{n.s}
	D x L	2,49 ^{n.s}	22,32 **	8,27 **
	G x D x L	0,64 ^{n.s}	7,90 **	8,38 **
DMS	G	1,50	3,60	0,37
	L	1,02	2,45	0,25
Média geral		12,24	63,13	5,18
CV (%)		20,48	9,51	12,08

** e ^{n.s} – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; L₁: (Kc₁ + precipitação), L₂: (kc₂ + precipitação); DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ y = 69,6875 – 0,1932 x + 0,0008 x² (R² = 0,69).

Fonte: Dados do próprio autor.

Conforme a dose de N em cobertura é possível observar respostas distintas no número de vagens por planta devido às subdoses de glyphosate (Tabela 11). Na ausência do N em cobertura não ocorre diferenças entre os tratamentos, porém, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N a subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ resulta em menos vagens por planta, ao contrário da dose de 80 kg ha⁻¹ de N em que a subdoses de 10 g do e.a. ha⁻¹ é superior a de 15 g do e.a. ha⁻¹ (Tabela

11). Quando aplicado 120 kg ha^{-1} de N em cobertura, as subdoses proporcionaram incrementos no número de vagens por planta. Dentro das subdoses de 0 e $10 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$, as doses de N responderam de forma significativa ao nível de 1% de probabilidade, mas sem se enquadrar às funções linear e quadrática testadas no presente trabalho.

Na Tabela 11 fica evidente mais uma vez a influência da adubação nitrogenada em cobertura para o efeito hormético de glyphosate em feijoeiro, uma vez que, as diferenças no número de grãos por planta só ocorrem na presença deste elemento, especialmente na maior dose de N, no qual, houve incremento nesta variável em relação a não aplicação do glyphosate. Como exposto na Tabela 11, valores acima de 70 grãos por planta são observados nas doses de 0 e 40 kg ha^{-1} de N, sendo menores a medida que aumentou as doses de N, mas observa-se que, mesmo na dose de 120 kg ha^{-1} de N, as subdoses elevaram os valores de grãos por planta, chegando próximos aos valores da condição de ausência de N em cobertura.

Foram obtidos menores números de grãos por planta nas subdoses de $10 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$ em 40 kg ha^{-1} de N e na subdoses de $15 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$ dentro da dose de 80 kg ha^{-1} de N. Porém, o quadro muda bruscamente na dose de 120 kg ha^{-1} de N em cobertura, quando se nota um incremento no número de grãos por planta na presença das subdoses do herbicida. Para esta característica, verificou-se ajuste a função quadrática em todas as subdoses de glyphosate devido aos tratamentos com N em cobertura, sendo a dose de 40 kg ha^{-1} de N a que foi mais favorável dentre as subdoses de 0 e $15 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$, já com $10 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$, a interação com a dose de 120 kg ha^{-1} de N foi mais vantajosa (Tabela 11).

Em seguida são apresentados os dados do número de grãos por vagem através da interação entre as subdoses de glyphosate e as doses de N em cobertura (Tabela 11). A interação das testemunhas de N x glyphosate apresentou o melhor resultado desta característica ($6,25$ grãos por vagem). Dentro da dose de 40 kg ha^{-1} de N a subdose de $15 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ gerou os melhores resultados, diferindo da testemunha sem aplicação. Em seguida, à medida que aumentou a dose de N em cobertura, os efeitos das subdoses foram eliminados. Dentro de cada subdose do herbicida, as doses de N diferiram significativamente, o que resultou em ajuste quadrático dos valores dentro da subdose de $15 \text{ g do e.a. ha}^{-1}$, com ponto de máxima na dose de 40 kg ha^{-1} de N (Tabela 11).

Tabela 11- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sobre o número de vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
<i>Número de vagens por planta</i>					
0	11,75	15,88 a	9,38 ab	10,88 b	**
10	14,00	11,13 b	12,50 a	13,63 ab	n.s
15	10,88	14,13 ab	8,38 b	14,38 a	**
DMS = 3,47					
<i>Número de grãos por planta</i>					
0	72,00	77,50 a	58,38 a	49,50 b	RQ ** (1)
10	65,25	52,25 b	62,63 a	65,63 a	RQ ** (2)
15	68,13	71,50 a	47,88 b	66,88 a	RQ ** (3)
DMS = 9,77					
<i>Número de grãos por vagem</i>					
0	6,25 a	4,63 b	5,88	4,63	**
10	5,00 b	4,88 ab	5,75	4,63	*
15	4,88 b	5,63 a	5,38	4,63	RQ * (4)
DMS = 0,90					

**, * e n.s – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ $y = 73,7438 + 0,0529 x - 0,0022 x^2$ ($R^2 = 0,88$); ⁽²⁾ $y = 63,7125 - 0,2713 x + 0,0025 x^2$ ($R^2 = 0,60$); ⁽³⁾ $y = 71,6063 - 0,3614 x + 0,0024 x^2$ ($R^2 = 0,29$); ⁽⁴⁾ $y = 4,9000 + 0,0256 x - 0,0002 x^2$ ($R^2 = 0,98$).

Fonte: Dados do próprio autor.

O número de grãos por planta foi influenciado pelas subdoses de glyphosate somente na condição de maior restrição hídrica (L_1), no qual, a subdose de 10 g do e.a. ha^{-1} propiciou menores valores em relação aos demais tratamentos. Este resultado desencadeou uma diferença significativa entre as lâminas de água dentro da subdose de 10 g do e.a. ha^{-1} (Tabela 12).

Tabela 12- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre o número de grãos por planta. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g ha^{-1} do e.a.)	Lâminas de água	
	L_1	L_2
0	66,94 a	61,75
10	58,50 bB	64,38 A
15	66,06 a	61,13
DMS ⁽¹⁾ = 6,91	DMS ⁽²⁾ = 5,75	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: lâminas de água; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os efeitos das lâminas de água sobre o número de grãos por planta são observados apenas na ausência da adubação de N em cobertura (Tabela 13).

De acordo com os resultados obtidos, o déficit hídrico pode ser prejudicial ao número de grãos por vagem na ausência da adubação nitrogenada em cobertura, porém, bastante positivo quando se tem 80 kg ha^{-1} de N em cobertura (Tabela 13). Nas demais doses de N não ocorrem diferenças.

Os valores obtidos conforme a dose de N na lâmina L_1 se ajustou a função quadrática ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 13- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre o número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Lâminas de água	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
<i>Número de grãos por planta</i>					
L ₁	77,75 a	66,17	53,75	57,67	RQ ^{**} (¹)
L ₂	59,17 b	68,00	58,83	63,67	*
DMS = 6,64					
<i>Número de grãos por vagem</i>					
L ₁	4,83 b	5,08	6,00 a	4,58	RQ ^{**} (²)
L ₂	5,92 a	5,00	5,33 b	4,67	**
DMS = 0,62					

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; L₁: (kc₁ + precipitação); L₂: (kc₂ + precipitação); Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ y = 78,6083 + 0,4723 x - 0,0024 x² (R² = 0,96); ⁽²⁾ y = 4,6875 + 0,0307 x - 0,0002 x² (R² = 0,60).

Fonte: Dados do próprio autor.

Ao contrastar todos os resultados obtidos para o número de grãos por planta obteve-se interação tripla entre as fontes de variação e seus resultados estão presentes na Tabela 14. Com relação ao efeito das subdoses dentro de lâminas e doses de N em cobertura fica mais bem definido onde as diferenças acontecem, sendo que, na ausência de adubação nitrogenada o efeito das subdoses não ocorre. Na dose de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura nota-se que, independentemente da lâmina de água na cultura, a subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ proporcionou os menores valores no número de grãos por planta. Por outro lado, isto não ocorre nas outras doses de N e em ambas as condições hídricas. Pode-se observar também que o número de grãos por planta tende a cair com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura, possivelmente devido ao favorecimento do crescimento vegetativo do feijoeiro nestas condições. Porém, esta tendência parece ser quebrada quando se utiliza 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura aliado aos tratamentos com glyphosate em doses reduzidas (Tabela 14).

Quanto às lâminas dentro de cada nível de subdoses de G e doses de N, a lâmina L₁ proporcionou os maiores números de grãos por planta em relação à lâmina L₂ dentro de todas as subdoses de glyphosate quando não aplicou N em cobertura (Tabela 14). Este tipo de resultado ressalta uma característica adaptativa da cultivar ao estresse físico causado pela lâmina L₁, podendo ser explorado para condições de baixos níveis de precipitação pluvial,

desprovidas de irrigação ou até mesmo para fornecimento de água com déficit afim de encontrar limiares econômicos para produção em sistemas irrigados.

A interação tripla entre os fatores de variação para o número de grãos por vagem aponta de forma mais clara que os efeitos das subdoses de glyphosate ocorrem nas menores doses de N em cobertura e na ausência da mesma (Tabela 14). Sem N em cobertura e sem restrição hídrica as subdoses de glyphosate prejudicaram o número de grãos por vagem. Mesmo com menores valores dentro da L_2 , a subdose de 15 g do e.a. ha^{-1} foi superior à L_1 na ausência de N em cobertura. Já, com 40 kg ha^{-1} de N em cobertura e na L_1 , a subdose de 15 g do e.a. ha^{-1} propiciou maiores números de grãos por vagem, o que a difere da L_2 nesta dose de N de maneira significativa (Tabela 14).

Tabela 14- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro irrigado sobre o número de grãos por planta e número de grãos por vagem. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)								
G (g do e.a. ha ⁻¹)	0		40		80		120	
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂
Lâminas de água								
Número de grãos por planta								
0	78,00 A	66,00 B	77,00 a	78,00 a	56,00	60,75 ab	56,75 A	42,25 bB
10	75,75 A	54,75 B	43,75 bB	60,75 bA	59,00	66,25 a	55,50 B	75,75 aA
15	79,50 A	56,75 B	77,75 aA	65,25 abB	46,25	49,50 b	60,75 B	73,00 aA
DMS ⁽¹⁾ = 13,82		DMS ⁽²⁾ = 11,51						
Número de grãos por vagem								
0	5,25	7,25 a	4,25 b	5,00	6,50	5,25	5,00	4,25
10	5,25	4,75 b	4,50 b	5,25	5,75	5,75	4,75	4,50
15	4,00 B	5,75 bA	6,50 aA	4,75 B	5,75	5,00	4,25	5,00
DMS ⁽³⁾ = 1,28		DMS ⁽⁴⁾ = 1,07						

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ^(1,3) referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: doses de nitrogênio x lâminas de água; ^(2,4) referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate x doses de nitrogênio.

Fonte: Dados do próprio autor.

4.6 Massa de 100 grãos e Produtividade de grãos

De maneira isolada, todos os tratamentos influenciaram a massa de 100 grãos, com ajuste quadrático para as doses de N em cobertura (Tabela 15). Com exceção da interação lâminas x subdoses, houve interações significativas para a massa de 100 grãos em todos os demais tratamentos. Já, no que diz respeito à produtividade de grãos, obteve-se interações significativas com exceção de subdoses x doses de N em cobertura. Nota-se que o coeficiente de variação para a massa de 100 grãos foi relativamente baixo, portanto é justificável a diferença significativa para a maioria das interações. Vale ressaltar que na média dos tratamentos de N em cobertura, o valor da massa de 100 grãos foi de 25,71 g variando entre 25,13 e 26,21 g que é acima da média de 25,3 g divulgada pelo IAPAR para esta cultivar.

Tabela 15- Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de subdoses de glyphosate (G), doses de nitrogênio (D) e lâminas de água (L) no feijoeiro irrigado. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Tratamentos		Massa de 100 grãos -- g --	Produtividade de grãos -- kg ha ⁻¹ --
G (g do e.a. ha⁻¹)			
	0	26,00	2115
	10	25,44	2066
	15	25,69	2050
D (kg ha⁻¹)			
	0	25,13 ⁽¹⁾	2220
	40	25,42	1886
	80	26,21	2175
	120	26,08	2027
L			
	L ₁	25,40	2018
	L ₂	26,02	2136
F para:	G	3,42 *	1,21 ^{n.s}
	D	8,79 **	18,75 **
	L	12,62 **	11,21 **
	G x D	8,56 **	1,04 ^{n.s}
	G x L	1,18 ^{n.s}	18,78 **
	D x L	7,50 **	17,33 **
	G x D x L	8,56 **	2,78 *
DMS	G	0,51	102,98
	L	0,35	69,98
Média geral		25,71	2077
CV (%)		3,35	8,27

**, * e ^{n.s} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; L₁: (Kc₁ + precipitação), L₂: (kc₂ + precipitação); DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ $y = 25,054167 + 0,016979 x - 0,000065 x^2$ ($R^2 = 0,88$).

Fonte: Dados do próprio autor.

Na ausência, ou com menor dose de N em cobertura são observados os efeitos das subdoses dentro de cada dose de N (Tabela 16). Na ausência de N em cobertura, nota-se redução na massa de 100 grãos em função das subdoses de G, porém, quando se utiliza 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, o quadro se inverte e a presença das doses reduzidas do glyphosate resulta em maiores valores de massa de 100 grãos. Corroborando com a tendência verificada por Silva et al. (2012) que observaram crescimento da massa de 100 grãos até a subdose de 20 g do e.a. ha⁻¹ de glyphosate na cultura do feijão também em Selvíria-MS.

Ao avaliar as doses de N dentro de subdoses de glyphosate, verifica-se que dentro da subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹, os dados se ajustaram a equação quadrática ao nível de 1% de probabilidade, com máxima em 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 16).

Tabela 16- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sobre a massa de 100 grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
0	26,50 a	24,75 b	26,63	26,13	**
10	24,13 b	25,38 ab	26,63	25,63	RQ ** (1)
15	24,75 b	26,13 a	25,38	26,50	**
DMS = 1,28					

** – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ $y = 24,0125 + 0,0565 x - 0,0003 x^2$ ($R^2 = 0,92$).

Fonte: Dados do próprio autor.

A Tabela 17 contém os dados da interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Nota-se que somente com doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi possível observar a influência das lâminas de água sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro, sendo que, a combinação de água e N em cobertura em maior abundância foram favoráveis ao enchimento de grãos, resultando em crescimento linear dentro da lâmina L₂ (Tabela 17). Do contrário, Arf et al. (2004) não verificaram interações entre estes fatores na massa de 100 grãos e nem na produtividade do feijoeiro.

Para a produtividade de grãos, fica evidente a importância da água para o feijoeiro, uma vez que, a produção foi quase sempre maior na condição da L₂ com exceção da dose de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, onde não se observou diferença significativa em relação às lâminas de água (Tabela 17). Independente da condição hídrica, os dados de produtividade de grãos referentes às doses de N em cobertura se ajustaram de forma quadrática com diferentes pontos de máxima. Na L₁ o melhor resultado ocorreu na dose de 80 kg ha⁻¹ de N. Porém, na

L₂, a ausência de N em cobertura foi propícia ao aumento da produtividade de grãos. Stone e Silveira (2001) trabalhando com doses de N e lâminas de água no solo verificaram que houve interação entre os fatores. A máxima resposta encontrada por esses autores foi com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N e à lâmina total de água máxima. Corroborando com os dados obtidos no presente trabalho, Macedo Júnior et al. (1994) encontraram maiores produtividades com a maior disponibilidade de água para as plantas, ou seja, com menor valor de tensão de água no solo. Santana et al. (2009) verificaram um aumento da produtividade com a tensão de água no solo de até aproximadamente 30 kPa com posterior decréscimo. Segundo estes autores, altos valores de tensões com déficit hídrico provocaram queda na produtividade. Para Guimarães (1988), o déficit hídrico ocasiona murchamento das plantas, prejudicando sua fisiologia, culminando em queda de produtividade. Santana et al. (2009) ainda citam que o feijão é uma planta muito sensível ao estresse hídrico, devido à sua baixa capacidade de recuperação após o déficit hídrico e ao seu sistema radicular pouco desenvolvido. Por outro lado, lâminas excessivas provocam um ambiente com falta de aeração para as plantas, bem como favorecem a disseminação de doenças e perdas de nutrientes por lixiviação (SANTANA, 2007).

Tabela 17- Interação entre doses de nitrogênio e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

Lâminas de água	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	
Massa de 100 grãos (g)					
L ₁	25,50	25,00	25,75 b	25,33 b	n.s
L ₂	24,75	25,83	26,67 a	26,83 a	RL ** (1)
DMS = 0,87					
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
L ₁	2034 b	1756 b	2157	1866 b	RQ * (2)
L ₂	2407 a	2016 a	2193	2187 a	RQ ** (3)
DMS = 190,18					

**, * e n.s – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo; L₁: (kc₁ + precipitação); L₂: (kc₂ + precipitação); Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; ⁽¹⁾ y = 24,7292 + 0,0349 x (R² = 0,99); ⁽²⁾ y = 2004,4917 + 4,2071 x – 0,0426 x² (R² = 0,59); ⁽³⁾ y = 2330,8917 – 12,6652 x + 0,1008 x² (R² = 0,48).

Fonte: Dados do próprio autor.

A influência do regime hídrico para o efeito hormético de glyphosate em feijoeiro fica claramente exposta na Tabela 18. É possível verificar que na condição da L_1 , as subdoses tendem a aumentar a produtividade de grãos, mas, em contrapartida, em L_2 , ocorre completamente o contrário, ou seja, as subdoses prejudicaram a produtividade. Na Lâmina L_1 os dados não resultaram em diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, porém, ficou muito próximo disso, pois, de acordo com o valor da diferença mínima significativa (DMS = 197,75), faltou menos de 1 kg ha⁻¹ para que a subdose de 15 g do e.a. ha⁻¹ fosse maior que a testemunha sem aplicação. A mesma tendência foi obtida com a subdose de 10 g do e.a. ha⁻¹ para produtividade de grãos na L_1 .

A superioridade da L_2 sem aplicação de N em cobertura e o efeito negativo do déficit hídrico nesta condição de adubação nitrogenada proporcionou diferença significativa dentro da condição de não adubar em cobertura na produtividade de grãos (Tabela 18).

Tabela 18- Interação entre subdoses de glyphosate (G) e lâminas de água em feijoeiro irrigado sobre a produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Lâminas de água	
	L_1	L_2
0	1915 B	2313 aA
10	2027	2105 b
15	2112	1988 b
DMS ⁽¹⁾ = 197,75	DMS ⁽²⁾ = 164,71	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: lâminas de água; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os dados de massa de 100 grãos e produtividade de grãos são melhores apresentados na Tabela 19 que revela a interação tripla entre os fatores estudados. Pode-se observar que para as subdoses de glyphosate dentro de lâminas x doses de N, observa-se uma tendência de manutenção da massa de 100 grãos na lâmina L_1 e depreciação desta variável na L_2 de acordo com aumento das subdoses de glyphosate. Quando se utilizou 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura na L_1 , a subdose de 15 g do e.a. ha⁻¹ foi superior às demais para a massa de 100 grãos, indicando possíveis benefícios do efeito hormético ao feijoeiro em condições de estresse hídrico e nutricional.

Na ausência das subdoses de glyphosate, apenas o tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura sofreu influencia das lâminas de água sobre a massa de 100 grãos, sendo maior na

L₂ (Tabela 19). Quando se aplicou 10 g do e.a. ha⁻¹, a massa de 100 grãos obteve influencia das lâminas de água em quase todas as doses de N em cobertura, com exceção da dose de 80 kg ha⁻¹ de N, porém, na maioria delas com tendência positiva em L₂. Por fim, com 15 g do e.a. ha⁻¹, a massa de 100 grãos só obteve interferência das lâminas de água quando se aplicou 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 19).

Assim como na massa de 100 grãos, a produtividade de grãos de acordo com as subdoses de glyphosate dentro de lâminas de água x doses de N tende a se manter estável ou até mesmo a aumentar na condição da L₁, sendo que, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, a subdose de 15 g do e.a. ha⁻¹ se mostrou favorável à produtividade. No entanto, em condições de maior abastecimento hídrico, a tendência foi de manutenção à queda da produtividade de acordo com as subdoses utilizadas (Tabela 19). Muitos destes resultados, por conta das maiores produtividades obtidas na ausência da adubação nitrogenada em cobertura. O que supostamente aponta que as condições nutricionais do solo ou a quantidade de microrganismos capazes de fixar o N atmosférico foi suficiente para suprir a necessidade da cultura para esta faixa de produtividade.

Na ausência do glyphosate as lâminas de água influenciaram significativamente a produtividade de grãos nas doses de 0 e 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura, em consequência das maiores produtividades obtidas na condição de L₂ (Tabela 19). Quando se aplicou 10 g do e.a. ha⁻¹, houve influencia das lâminas apenas na ausência do N em cobertura, mostrando maior estabilidade dos resultados nesta condição. Ao utilizar 15 g do e.a. ha⁻¹ o efeito das lâminas de água se expressam nas doses de 40 e 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura. O que demonstra de fato a necessidade de novas pesquisas para melhor compreensão dos resultados e estabelecimento de parâmetros para futuras replicações das pesquisas.

Tabela 19- Interação entre doses de nitrogênio, lâminas de água e subdoses de glyphosate (G) em feijoeiro irrigado sobre a massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Selvíria-MS, Brasil, 2013.

G (g do e.a. ha ⁻¹)	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)							
	0		40		80		120	
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂
Lâminas de água								
Massa de 100 grãos (g)								
0	26,25	26,75 a	24,25 b	25,25	25,50 B	27,75 aA	26,25	26,00
10	25,50 A	22,75 cB	24,25 bB	26,50 A	26,00	27,25 a	24,50 B	26,75 A
15	24,75	24,75 b	26,50 a	25,75	25,75	25,00 b	25,25 B	27,75 A
DMS ⁽¹⁾ = 1,80			DMS ⁽²⁾ = 1,50					
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)								
0	1941 B	2667 aA	1834 b	1945	1978 B	2429 A	1908	2214
10	2034 B	2438 abA	1955 ab	1685	2227	2088	1894	2211
15	2127	2117 b	2260 aA	1639 B	2266	2061	1797 B	2136 A
DMS ⁽³⁾ = 395,50			DMS ⁽⁴⁾ = 329,41					

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ^(1,3) referente ao desdobramento de subdoses de glyphosate dentro de cada nível de: doses de nitrogênio x lâminas de água; ^(2,4) referente ao desdobramento de lâminas de água dentro de cada nível de: subdoses de glyphosate x doses de nitrogênio.

Fonte: Dados do próprio autor.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, foi possível concluir que:

- A utilização de glyphosate nas subdoses de 10 e 15 g do equivalente ácido ha⁻¹ proporcionou incremento nos teores de N nas folhas do feijoeiro.
- Houve influência da condição hídrica durante o ciclo da cultura sobre o efeito hormético de glyphosate em feijoeiro.
- Ocorreu efeito hormético de glyphosate na produtividade do feijoeiro quando se utilizou uma lâmina de água total de 355 mm, no qual, se encontra dentro da faixa ideal de precipitação para o cultivo do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O.; ALVAREZ, R. C. F.; PEREIRA, J. C. R. Resposta do feijoeiro a aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2005.
- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E.; CATARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233- 255.
- ARF, O. et al. Efeitos de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 1999. p. 790-793.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. do. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- BALBINO, L. C.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, I. P. Plantio direto. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 301-352.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com ureia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 93, p. 1-5, 2001.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p. 2012. (Documento, 247).
- BASTOS, A. B.; SIMONI, J. A. Determinação da variação de entalpia da interação entre o herbicida glyphosate e os íons cálcio, cobre, zinco e alumínio em solução aquosa por calorimetria por titulação isotérmica. **AUGMDOMUS**, La Plata, v. 2, p. 60-71, 2010.

BELZ, R.; HURLE, K.; DUKE, S. Dose-response - a challenge for allelopathy? **Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine**, Philadelphia, v. 3, n. 2, p. 173-211, 2005.

BELZ, R.; REINHERD, C.; FOXCROFT, L.; HURLE, K. Residue allelopathy in *Parthenium hysterophorus* L. – does parthenin play a leading role? **Crop Protection**, Amsterdam, v. 26, n. 3, p. 237-245, 2007.

BELZ, R. G. Stimulation versus inhibition – bioactivity of parthenin, a phytochemical from *Parthenium hysterophorus*. **Dose-Response**, Amherst, v. 6, n. 1, p. 80–96, 2008.

BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N. Parthenin hormesis in plants depends on growth conditions. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 293–301, 2010.

BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N.; DUKE, S. O. Herbicide hormesis – can it be useful in crop production? **Weed Research**, Chichester, v. 51, n. 4, p. 321–332, 2011.

BELZ, R. G.; LEBERLE, C. Low dose responses of different glyphosate formulations on plants. In: GERMAN CONFERENCE ON WEED BIOLOGY AND WEED CONTROL, 25., 2012, Braunschweig. **Conference...** Berlin: [s.n.], 2012. p. 13-15.

BROWN, R.; RUNDLE, S.; HUTCHINSON, T.; WILLIAMS, T.; JONES, M. A copepod life-cycle test and growth model for interpreting the effects of lindane. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 63, n. 1, p. 1-11, 2003.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends in Pharmacological Sciences**, Bruxelles, v. 23, n.7, p. 331-337, 2002.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The re-emergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. **Environmental Pollution**, Barking, v. 138, n. 3, p. 378-411, 2005.

CARBONARI, C.; MESCHEDE, D. K.; VELINE, E. D. Efeitos da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007. p. 68-70.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 617-624, 2001.

CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J.; SPLID, N. Species specific sensitivity of aquatic macrophytes towards herbicides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Maryland Heights, v. 58, n. 3, p. 314-323, 2004.

CEDERGREEN, N.; RITZ, C.; STREIBIG, J. C. Improved empirical models describing hormesis. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Bruxelas, v. 24, n. 12, p. 3166-3172, 2005.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S.; Duke, S. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-Response**, Amherst, v. 5, n. 2, p. 150-162, 2007.

CEDERGREEN, N.; FELBY, C.; PORTER J. R.; STREIBIG, J. C. Chemical stress can increase crop yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p. 54-57, 2009.

CENTURION, J.F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n.1, p.57-61, 1982.

DALLEY, C. D.; RICHARD JR, E. P. Herbicides as ripeners for sugarcane. **Weed Science**, Lawrence, v. 58, n. 3, p. 329-333, 2010.

DÍAZ, G.; CALABRESE, E.; BLAIN, R. Aflatoxicosis in chickens (*Gallus gallus*): An example of hormesis? **Poultry Science**, Oxford, v. 87, p. 727-732, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194 p. (Estúdio FAO Riego y Drenage, 24).

DUKE, S. O.; CEDERGREEN, N.; VELINE, E. D.; BELZ, R. **Hormesis and phytotoxins: hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy?**. New York: Outlooks on Pest Management, 2006. p. 29-33. Disponível em: <<http://www.dose-response.org/news/Hormesis-review.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2009.

EL-SHAHAWY, F. A.; SHARARA, F. A. A. Hormesis influence of glyphosate in between increasing growth, yield and controlling weeds in faba bean. **Journal of American Science**, Nova York, v. 7, n. 2, p. 139-144, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Manual do medidor eletrônico de teor de clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. 33 p.

FANCELLI, A. L. Fenologia e exigências climáticas do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado**. 3.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. p. 5-22.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

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

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO CHILENO DE ENGENIERIA AGRÍCOLA, 2., 1997, Chillán. **Congresso...** Chillán: [s.n.], 1997. Disquete.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glyphosate**: alguns aspectos da utilização do herbicida glyphosate na agricultura. São Paulo: ACADCOM, 2005. 67 p.

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C. Resistência é a questão. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 6, n. 60, p. 22-24, 2004.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PERON, I. B. G.; PORTUGAL, J. R.; CHAVES, D. C. D.; RODRIGUES, R. A. F. Glyphosate como regulador de crescimento em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 500-507, 2011.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias- FCA, Universidade Estadual Paulista- UNESP Botucatu, 2007.

GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 157-174.

GUIMARÃES, C. M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 139-167.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p.481-488, 1996.

HALTER S. História do herbicida agrícola glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.11-16.

HESSAYON, D. Fungitoxins in the soil: II. Trichothecin, its production and inactivation in unsterilized soils. **Soil Science**, Philadelphia, v. 75, n. 5, p. 395-404, 1953.

INGRAM, L.; FISHER, W. Stimulation of cell division by croton oil in bluegreen bacteria. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 114, n. 2, p. 874-875, 1973.

LOEFER, J.; BIEBERDORF, F.; WEICHLEIN, R. Inhibition and enhancement of the growth of fungi with streptomycin. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Lawrence, v. 79, n. 3, p. 242-250, 1952.

MACEDO JÚNIOR. et al. Produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a cinco níveis de tensão de água no solo. **Ciência e Prática**, Lavras- MG, v. 18, n. 4, p. 438-444. 1994.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D.; SANTOS, R. F.; VIANA, A. G. P. Crescimento do curauá branco sob efeito de subdoses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007. v. 1, p. 71-75.

MARTIN, N. B.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H.; SERRA, R. Sistema integrado de custos agropecuários CUSTAGRI. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA A AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA ,1., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Agrosoft: CTSOFT: SBI-AGRO, 1997. p. 269-276.

MCDONALD, L.; MORGAN, T.; JACKSON, P. The effect of ripeners on the CCS of 47 sugarcane varieties in the burdekin. Proceedings of the 2001. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS HELD AT MACKAY, 2001, Queensland. **Conference...** Queensland: [s.n.], 2001. p. 102-108.

MESCHEDE, D. K. **Efeito do glyphosate e sulfometuron-metil na fisiologia da cana-de-açúcar**. 2009. 77 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias- FCA, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Botucatu, 2009.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Jaboticabal, v. 7, n. 2, p. 53-58, 2008.

MOREIRA, J. A. A.; AZEVEDO, J. A.; STONE, L. F.; CAIXETA, T. J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M. I. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 317-340.

MOUSDALE, D. M., COGGINS, J. R. Amino acid synthesis. In: Kirkwood, R. C. **Target sites for herbicide action**. Nova York: Premium, 1991. 339 p.

NEVES, D. C.; FURLANI JR. E.; VALTER FILHO, V. V.; Hormese no crescimento do algodoeiro por subdoses de glyphosate. In : CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 915-922.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 437-443, 2001.

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.

PIERIK, R.; THOLEN, D.; POORTER, H.; VISSER, E.; VOESENEK, L. The Janus face of ethylene: Growth inhibition and stimulation. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, n. 4, p. 176-183, 2006.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

POSSE, S. C. P. et al. (Coord.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central brasileira: 2009–2011**. Vitória: Incaper, 2010. 245 p. (Documentos, 191).

PULVER, E. L.; RIES S. K. Action of simazine in increasing plant protein content. **Weed Science**, Ithaca, v. 21, p. 233–237, 1973.

RABELLO, W. S.; CAMPANHARO, M.; OGLIARI, J.; RIBEIRO, G.; MONNERAT, P. H. Efeito do glyphosate no crescimento do feijoeiro comum. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9., 2010. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP. 2010. 1CD-ROM.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. p. 1-31. (Boletim Técnico, 81).

RIES, S. K.; CHMIEL, H.; DILLEY, D. R.; FILNER, P. Increase in nitrate reductase activity and protein content of plants treated with simazine. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S.l.], v. 58, n. 2, p. 526–532, 1967.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 353-390.

SANDIFER, R.; HOPKIN, S. Effects of temperature on the relative toxicities of Cd, Cu, Pb and Zn to *Folsomia candida* (Collembola). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Maryland Heights, v. 37, n. 2, p. 125-130, 1997.

SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação**. 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

SANTANA, M. J.; SILVEIRA, A. L.; CAMARGOS, C. R.; BRAGA, J. C. Tensão de água no solo e doses de nitrogênio para a cultura do feijoeiro comum. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 518-532, 2009.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p. (Mimeogr.).

SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 86-96, 2000.

SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito hormético de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.

SILVA, J. C.; RODRIGUES, R. A. F.; GERLACH, G. A. X.; GONZAGA, D. A.; CORSINI, D. C. D. C.; Análise econômica do efeito hormético de glyphosate em feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 182-194, 2013.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura agrônômica**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2000.

SILVA, M. A.; ARAGÃO, N. A.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. EFEITO HORMÉTICO DE GLIPHOSATE NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 973-978, 2009.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, 1993.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Irrigação do feijoeiro. **Informativo Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 28-34, 1994.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 74-82, 2004.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. da Ufla, 2002. p. 305-329.

SORATTO, R. P.; SILVA, T. R. B.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 89-99, 2001.

STEBBING, A. R. D. Hormesis – the stimulation of growth by low levels of inhibitors. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 213-234, 1982.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A.; BRAZ, A. J. B. P.; Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577 – 582, 2006.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; CORREA, M. R.; CORREA, T. M.; QUEIROZ, C. A. S.; SOUZA, R. T. Sub-dose de Glyphosate estimulam o crescimento de plantas daninhas e cultivadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006. p. 210.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, Malden, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.

YOKOYAMA, L. P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-29.

WAGNER, R. M.; KOGAN, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology Management**, Danvers, v. 3, n. 4, p. 228-232, 2003.

WHITE, J. W. Implications of carbon isotope discrimination studies for breeding common bean under water deficits. In: EHLRINGER, J. R.; HALL, A. E.; FARQUHAR, G. D.; SAUGIE, B. (Ed.). **Stable isotopes and plant carbon-water relations**. San Diego: Academic Press, 1993. p. 387-398.

APÊNDICE – FOTOS DA PESQUISA

Figura 2- Aspecto geral da área experimental após a colheita do milho anterior a semeadura do feijão.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 3- Tratamento de sementes com inseticida imidacloprido + tiodicarbe (45 + 135 g do i.a. por 100 kg) e fungicida carboxina + tiram (50 + 50 g do i.a. por 100 kg).



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 4- Semeadura mecânica do feijoeiro em sistema plantio direto (SPD).



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 5- Sistema de irrigação instalado logo após a semeadura do feijão.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 6- Aspecto geral da área experimental dois dias após a emergência da cultura



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 7- Estádio fenológico do feijoeiro no momento da aplicação do glyphosate.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 8- Vista geral da área experimental com a cultura em fase de florescimento.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 9- Cultura em fase de enchimentos de grãos.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 10- Colheita do feijão



Fonte: Dados do próprio autor.